

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## ANALISIS PELUANG PENGHEMATAN DAN KONSERVASI ENERGI PADA MOTOR-MOTOR AC TIGA PHASA DI PTPN V PKS UJUNG BATU SEI ROKAN (RIAU)

### TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi



Oleh :

**ARI SUHADA**  
11355105404

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU  
PEKANBARU  
2021





- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

## LEMBAR PERSETUJUAN

### ANALISIS PELUANG PENGHEMATAN DAN KONSERVASI ENERGI PADA MOTOR-MOTOR AC TIGA PHASA DI PTPN V PKS UJUNG BATU SEI ROKAN (RIAUI)

#### TUGAS AKHIR

Oleh:

**ARI SUHADA**  
**11355105404**

Telah diperiksa dan disetujui sebagai Laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro  
di Pekanbaru, pada tanggal 25 Februari 2021

Ketua Program Studi

**Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom**  
**NIP. 19780126 200710 1 001**

Pembimbing

**Susi Afriani, ST., MT**  
**NIP. 19820414 201503 2 002**





## LEMBAR PENGESAHAN

### ANALISIS PELUANG PENGHEMATAN DAN KONSERVASI ENERGI PADA MOTOR-MOTOR AC TIGA PHASA DI PTPN V PKS UJUNG BATU SEI ROKAN (RIAU)

#### TUGAS AKHIR

Oleh:

**Ari Suhada**  
**11355105404**

Telah dipertahankan di depan sidang Dewan Penguji  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik  
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau  
di Pekanbaru, pada tanggal 25 Februari 2021

Pekanbaru, 25 Februari 2021

Mengesahkan,

Dekan

Ketua Jurusan



**Dr. Ahmad Darmawi, M.Ag**  
**NIP. 19660604 199203 1 004**

**Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom**  
**NIP. 19780126 200710 1 001**

#### DEWAN PENGUJI :

**Ketua : Agus Firdaus Chandra, L.c MA.**

**Pembimbing : Susi Afriani, ST., MT.**

**Penguji 1 : Dr. Liliana, ST., M.Eng.**

**Penguji 2 : Novi Gusnita ST., MT.**



## LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau adalah terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang menjiplak atau seluruhnya atau sebagian menjiplak tulisan ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan untuk kepentingan akademik, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan di dalam daftar pustaka.

Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya.

Pekanbaru, 25 Februari 2021

Yang membuat pernyataan,

**ARI SUHADA**  
**11355105404**

UIN SUSKA RIAU

- Hak Cipta Milik UIN Suska Riau
1. Dilarang menjiplak atau menyalin seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ۖ إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ۚ

## LEMBAR PERSEMBAHAN

*“Karena sesungguhnya bersama setiap kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama setiap kesulitan ada kemudahan” (Q.S Al Insyirah : 5 - 6).*

“Untuk Ibu, Ibu, Ibu Ismiati Tercinta dan Ayahanda  
Terhormat Suyono

Karya ini kupersembahkan untukmu Ibu

Alhamdulillah puji dan syukur saya ucapkan kepada Allah SWT, yang selalu memberikan limpahan rahmat dan karunia-Nya. Shalawat dan salam ucapkan kepada nabi Muhammad SAW, yang telah membawa kita dari zaman jahiliyah hingga zaman islamiah.

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk orang tua yang telah memberikan saya kesempatan untuk bisa menjadi seorang anak yang mandiri dan terdidik, dengan kerja keras dan do’a – do’a yang selalu Ibu, Ayah panjatkan didalam sujudmu demi masa depan anak- anakmu, dan saudara laki-laki dan perempuan saya yang selalu memberi dukungan dan semangat. Semoga dengan menyelesaikan masa belajar ini kami berharap bisa menjadi kebanggaan untukmu. Ucapan terimakasih yang sangat besar bagi dosen pembimbing Ibu Susi Afriani., ST. MT, saudara perjuangan Melki Ardian Pratama Putra, Teguh Yuliardi Putra. Khairul Munzilin. Depi Notosusilo secara tidak langsung menjadi mentor diskusi selaku wadah inspirasi. Semoga Allah limpahkan keberkahan, kesehatan dan umur yang panjang, tak sedikitpun jasa mu mampu terbalaskan begitu luas dan dalam.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengutip sumbernya.  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan,  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau  
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

# ANALYSIS OF ENERGY SAVING AND CONSERVATION OPPORTUNITIES IN THREE PHASE AC MOTORS AT PTPN V PKS UJUNG BATU SEI ROKAN (RIAU)

**ARI SUHADA**  
**11355105404**

*Date of Final Exam : 25February 2021*

*Department of Electrical Engineering  
Faculty of Science and Technology  
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau  
Soebrantas St. No. 155 Pekanbaru - Indonesia*

## **ABSTRACT**

*In a good production process you can get good results, if in the process there is no interruption in production and the electricity consumed must be in accordance with the production results, 2018 production results were small but electricity consumption increased from the previous year. It is necessary to conduct an energy audit to determine whether the electric motor used has an efficiency that is still in accordance with IEC standards. Calculating IKE is one way of knowing the waste of electricity used. In this study using energy conservation methods, namely technology upgrades and to conduct cost analysis, it is necessary to carry out a financial assessment method which aims to determine how much costs are incurred before and after making savings, to carry out economic analysis, namely the cost benefit analysis method with the payback period parameter. The IKE results obtained are 6.67 kwh / ton, the highest load on the screw press station is 220 A, there are 5 electric motors that are no longer efficient, namely motors with a capacity of 45 kw and 2.2 kw, upgraded motor with the SIEMENS brand. The power before being saved was 110,160 kw and the savings after doing the power technology upgrade were 104,400 kWh and the cost that could be saved was Rp. 5,742,720 / month, annual profit of Rp. 68,912,640. Furthermore, the return on capital for 0.89 years.*

**Key words:** *Three-phase electric motor. Technology Upgrade. IKE. Efficiency. Payback Period*



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengutip sumbernya.  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penerbitan atau siaran pers atau untuk tujuan lain yang bersifat akademik.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

# ANALISIS PELUANG PENGHEMATAN DAN KONSERVASI ENERGI PADA MOTOR-MOTOR AC TIGA PHASA

DI PTPN V PKS UJUNG BATU SEI ROKAN (RIAUE)

**ARI SUHADA**  
**11355105404**

Tanggal Sidang : 25 Februari 2021

Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau  
Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

## ABSTRAK

Dalam proses produksi yang bagus dapat memperoleh hasil yang baik, jika dalam proses tidak mengalami gangguan produksi dan listrik yang di konsumsi harus sesuai dengan hasil produksi. Salah satunya PTPN V PKS Ujung Batu Sei Rokan, hasil produksi 2018 sedikit tetapi konsumsi listriknya meningkat dari tahun sebelumnya. Perlu melakukan audit energi untuk mengetahui apakah motor listrik yang digunakan memiliki efisiensi yang masih sesuai standar IEC. Menghitung IKE adalah salah satu cara mengetahui pemborosan listrik yang digunakan. Dalam penelitian ini menggunakan metode konservasi energi yaitu *upgrade* teknologi dan untuk melakukan analisa biaya, perlu dilakukan metode *financial assessment* yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar biaya yang dikeluarkan sebelum dan sesudah melakukan penghematan, untuk melakukan analisa ekonomi yaitu metode *cost benefit analysis* dengan parameter *payback period*. Hasil IKE yang didapat sebesar 6,67 kwh/ton, beban tertinggi pada stasiun *screw press* sebesar 220 A, terdapat 5 motor listrik yang tidak efisien lagi yaitu motor berkapasitas 45 kw dan 2.2 kw, *upgrade* motor dengan merek SIEMENS. Daya sebelum dihemat sebesar 110.160 kw dan penghematan setelah melakukan *upgrade* teknologi daya yang dihemat sebesar 104.400 kWh dan biaya yang bisa dihemat sebesar Rp. 5.742.720/ bulan, keuntungan setahunnya sebesar Rp. 68.912.640. Selanjutnya pengembalian modal selama 0,89 tahun.

**Kata kunci:** Motor Listrik Tiga phasa. *Upgrade Teknologi. IKE. Efisiensi. Payback Periode*





## KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr.Wb

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah mencurahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini. Shalawat beserta salam yang tercurahkan kepada junjungan alam Nabi besar Muhammad SAW, sebagai seorang sosok pemimpin umat yang patut diteladani bagi seluruh umat yang ada di dunia hingga akhir zaman. Dalam penulisan Tugas Akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi. Atas berkat rahmat dan ridho Allah SWT penulis dapat Menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “Analisis Peluang Penghematan Dan Konservasi Energi Pada Motor-Motor Ac Tiga Phasa Di PTPN V Pks Ujung Batu Sei Rokan (Riau)”.

Sudah menjadi ketentuan bagi setiap mahasiswa yang ingin menyelesaikan studi nya pada program Sarjana S1 di UIN SUSKA Riau harus membuat karya ilmiah berupa Tugas Akhir. Pada proses pembuatan Tugas Akhir banyak penulis dapatkan masukan yang membantu penulis dalam menyelesaikannya, maka dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, baik itu berupa bantuan moral, materil, atau berupa pikiran yang tidak akan pernah terlupakan. Antara lain kepada:

1. Ibunda tercinta Ismiati, ayahanda tercinta Suyono dan kakak serta adek saya yang telah memberikan semangat, maupun materil dan doa kepada penulis.
2. Prof. Dr. Suyitno, M.Ag. selaku Plt Rektor UIN SUSKA Riau beserta kepada seluruh staf dan jajarannya.
3. Dr. Ahmad Darmawi, M.Ag selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau beserta kepada seluruh pembantu Dekan, Staf dan jajarannya.
4. Ibu Ewi Ismaredah, S. Kom., M.Kom selaku ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN Suska Riau yang telah membuat proses administrasi



pada Program Studi Teknik Elektro menjadi lebih baik dan efektif.

5. Ibu Susi Afriani, ST., MT. selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan banyak waktu serta pemikirannya dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Pada penyelesaiannya, melalui beliau penulis mendapatkan pengetahuan yang sangat berharga, dengan keikhlasan dan kesabaran dalam memberikan penjelasan dari nol hingga penulis menjadi paham sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

6. Ibu Dr. Liliana, ST., M.Eng selaku dosen penguji Tugas Akhir yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi kritikan dan saran kepada penulis yang sangat membangun terhadap penulisan Tugas Akhir ini.

7. Ibu Novi Gusnita ST. MT. selaku dosen penguji Tugas Akhir yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi kritikan dan saran kepada penulis yang sangat membangun terhadap penulisan Tugas Akhir ini.

8. Bapak, Mulyono ST., MT. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu serta perhatian dan pemikiran dengan ikhlas dalam membimbing dalam hal akademik.

9. Kakanda dan Adinda Teknik Elektro yang telah memberikan dorongan kepada penulis.

Atas jasa-jasa yang telah diberikan kepada penulis sehingga Tugas Akhir ini mampu diselesaikan sesuai prosedur yang berlaku di Fakultas Teknik Elektro. Penulis mengucapkan terimah kasih kepada semua pihak yang telah meluangkan waktunya, hanya Allah SWT yang mampu membalas niat baik dan keikhlasan dengan sempurna. Semoga dengan keiklasan mendapat balasan dari Allah SWT.

Pada penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, karena kesempurnaan hanyalah milik Allah SWT dan kekurangan datang dari penulis. Dalam hal ini penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki kekurangan dan jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan ilmu, pengalaman dan pengetahuan penulis dalam proses pembuatan Tugas Akhir ini, maka dari itu untuk penyempurnaan Tugas Akhir ini penulis mengharapkan kritikan dan saran kepada semua pihak yang sifatnya membangun.

Pekanbaru, 25 Februari 2021

Ari suhada



[illegible]

Author	Year	Journal	Volume	Issue	Page
R. L. Sukarlan	1991	1	1	1	1
P. 1	1991	1	1	1	1
T. 2	1991	1	1	1	1
State Islamic University of Sunan	1991	1	1	1	1
Ya'f Kasim Riau	1991	1	1	1	1

2.12 Identitas Konsumsi Energi .....	II-27
2.13 Manajemen Energi.....	II-28
2.13.1 Definisi Manajemen Energi .....	II-28
2.13.2 Tujuan Manajemen Energi .....	II-28
2.14 Konservasi Energi .....	II-29
2.14.1 Konservasi Energi Pada Inergi .....	II-29
2.14.2 Komplikasi Energi Pada Industri.....	II-29
2.14.3 Analisa konservasi Energi Pada Motor Listrik.....	II-30
2.15 Identifikasi Hemat Energi Dalam Upaya Konservasi Energi .....	II-30
2.16 Pembaruan Teknologi Yang Sudah ada <i>Upgrade Teknologi</i> .....	II-31
2.17 Aspek Ekonomi .....	II-31
2.17.1 Aspek Biaya.....	II-31
2.17.2 Manfaat Finansial .....	II-32
2.17.3 Aspek Biaya.....	II-32
2.18 Aspekelayakan Ekonomi .....	II-33
2.18.1 Payback Period .....	II-33

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian.....	III-1
3.2 Lokasi Penelitian.....	III-1
3.3 Alur Penelitian.....	III-2
3.4 Tahap Penelitian.....	III-3
3.4.1 Studi Pendahuluan.....	III-3
3.4.2 Identifikasi Masalah .....	III-3
3.4.3 Perumusan Masalah.....	III-3
3.4.4 Membuat Tujuan. ....	III-3
3.5 Pengumpulan Data. ....	III-4
3.5.1 Data Primer .....	III-4
3.5.2 Data Sekunder .....	III-4
3.6 Pengolahan Data .....	III-4
3.6.1 Menghitung Jumlah IKE. ....	III-4
3.6.2 Menghitung Rugi-Rugi Motor Listrik .....	III-5
3.6.3 Menghitung Efisiensi Motor Listrik.....	III-5



3.7	Periksa Target Efisiensi .....	III-5
3.8	Melakukan Konservasi Energi.....	III-5
3.8.1	<i>Upgrade Teknologi</i> .....	III-5
3.9	Aspek Ekonomi .....	III-6
3.9.1	Biaya Investasi.....	III-6
3.9.2	Biaya O & M .....	III-6
3.9.3	Manfaat Finansial .....	III-6
3.9.4	Biaya Pemakaian Motor Listrik lama.....	III-6
3.10	Aspek Kelayakan Ekonomi .....	III-6
3.10.1	<i>Payback Period</i> .....	III-6

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Informasi Umum Pabrik .....	IV-1
4.2	Pengumpulan Data .....	IV-1
4.3	Data Spesifikasi Motor Listrik .....	IV-5
4.4	Profil Konsumsi Energi Listrik Harian, Mingguan, Bulanan.....	IV-6
4.5	Menghitung Penggunaan Motor Listrik ac tiga phasa .....	IV-6
4.6	Pengolahan Data .....	IV-7
4.6.1	Menghitung Nilai IKE.....	IV-7
4.6.2	Menghitung Rugi-Rugi Motor Listrik.....	IV-7
4.6.3	Rugi-Rugi Motor Listrik .....	IV-11
4.6.4	Efisiensi Motor Listrik .....	IV-16
4.7	Perisa Target Efisiensi Motor Listrik Apakah Sesuai Standar IEC ..	IV-19
4.8	Upaya Konservasi Energi.....	IV-20
4.8.1	<i>Upgrade Teknologi</i> .....	IV-20
4.8.2	Menghitung Daya Input Motor Listrik Induksi .....	IV-21
4.9	Apek Ekonomi.....	IV-22
4.9.1	Biaya Investasi .....	IV-22
4.9.2	Biaya O & M.....	IV-22
4.9.3	Manfaat (Benefit) .....	IV-22
4.9.4	Biaya Pemakaian Listrik Motor Listrik Yang Lama .....	IV-24
4.10	Aspek Kelayakan Ekonomi.....	IV-26
4.10.1	<i>Paybac periode</i> .....	IV-26



## BAB V

## KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan .....	V-1
5.2	Saran.....	V-1

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

- Hak Cipta dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang menjiptakan sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Penjiptaan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





## DAFTAR GAMBAR

**Gambar**

1. Ditang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
a. Pengutipan untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.1	Proses Pengolahan Pabrik Kelapa Sawit .....	II-4
2.2	Material <i>Balance</i> Proses Pengolahan Minyak Sawit .....	II-5
2.3	Diagram Motor Listrik.....	II-11
2.4	Motor sinkron .....	II-12
2.5	Motor induksi .....	II-13
2.6	Stator motor listrik di PTPN V PKS Sei Rokan .....	II-14
2.7	Rotor di PTPN V PKS Sei Rokan .....	II-14
2.8	Motor DC.....	II-15
2.9	Daya dan Rugi Motor Induksi .....	II-22
2.10	Motor listrik Efisien Tinggi dan Motor Standar .....	II-23
4.1	panel turbin di PTPN V PKS Sei Rokan .....	IV-1
4.2	panel beban di PTPN V PKS Sei Rokan .....	IV-2
4.3	panel stasiun di PTPN V PKS Sei Rokan[ .....	IV-3
4.4	mesin <i>screw press</i> di PTPN V PKS Sei Rokan .....	IV-4
4.5	proses perbaikan motor listrik di PTPN V PKS Sei Rokan.....	IV-5

## DAFTAR TABEL

### Tabel

2.1	Kandungan Nilai Kalor Limbah Kelapa Sawit.....	II-7
2.2	Efisiensi Motor Listrik 3 Phasa .....	II-25
2.3	Jenis kehilangan pada Motor Listrik Induksi .....	II-26
2.4	Area Perbaikan Motor Listrik Yang Efisien Energinya .....	II-26
3.1	Motor Listrik 3 Phasa Di Stasiun Screw Press .....	III-4
4.1	Motor Listrik 3 Phasa Di Stasiun Screw Press .....	IV-5
4.2	Data Pengukuran Motor Listrik 3 Phasa.....	IV-5
4.3	Data Penurunan Motor Listrik 3 Phasa.....	IV-20
4.4	Data Spesifikasi Motor Listrik 3 Phasa Baru .....	IV-20

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
a. Pengutipan harus mencantumkan sumber.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



## DAFTAR RUMUS

### Rumus

2.1	Penggunaan Motor Listrik.....	II-17
2.2	Penggunaan Motor Listrik Perbulan .....	II-17
2.3	Penggunaan Motor Listrik Pertahun .....	II-17
2.4	Daya Input Motor Listrik .....	II-19
2.5	Daya P Output .....	II-19
2.6	Rugi-Rugi Daya .....	II-20
2.7	Efisiensi.....	II-22
2.8	IKE .....	II-27
2.9	Konsumsi kWh per hari .....	II-32
2.10	<i>Payback Period</i> .....	II-33

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
a. Pengutipan harus untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## DAFTAR LAMPIRAN

1. Kuesioner Penelitian .....	A-1
2. Data Alokasi Pabrik PTPN V Sei Rokan .....	B-1
3. Data Penggunaan Pada Beban Listrik .....	C-2
4. Data Perhitungan Dari Name Plat .....	D-1
5. Data Perhitungan P Out Put.....	E-1
6. Foto Dekumentsi .....	F-1

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya tulisan ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Energi merupakan faktor terpenting dalam menunjang pembangunan nasional, Pemanfaatan energi akan terus meningkat sejalan dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi nasional. Indonesia dikaruniai berbagai sumber daya energi yang cukup beragam, baik sumber daya energi fosil seperti minyak bumi, batubara, dan gas alam, mau pun sumber daya energi baru dan terbarukan seperti tenaga air, panas bumi, biomassa, tenaga surya, tenaga angin, dan laut. Bahan bakar fosil menjadi bahan bakar utama pada saat ini dikarenakan kurangnya eksplorasi energi terbarukan. Pada sektor kelistrikan, bahan bakar fosil ini sangat dominan digunakan sampai saat sekarang. Bahan bakar fosil masih menjadi sumber energi yang dominan dalam permintaan energi seluruh dunia, Energi listrik terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia[1].

Indonesia memiliki beberapa sumber daya energi fosil yang masi di gunakan seperti minyak, gas bumi dan batu bara. Sejak tahun 2012 energi fosil mengalami penurunan, energi batu bara mengalami penurunan 120 milliar ton menjadi 119 milliar ton, dengan produksi batu bara mencapai 353 juta ton pada 2011 dan pada tahun 2012 produksi mencapai 386 juta ton. Pada tahun 2011 cadangan minyak bumi indonesia sebesar 7,41 milyar barel yang terdiri atas 3,74 milyar barel cadangan terbukti dan 3,67 milyar barel cadangan potensial, pada gas bumi di indonesia memiliki cadangan gas 151 TSCF yang terdiri atas 103 TSCF cadangan terbukti dan 47 TSCF cadangan potensial[2]. Konsumsi energi masih didominasi oleh beberapa bahan bakar fosil, tercatat konsumsi energi final di Tahun 2018 mencapai 936.33 miliar BOE, adapun konsumsi bahan bakar yaitu seperti bahan bakar minyak yang mencapai 450.78 miliar BOE, kemudian diikuti oleh konsumsi listrik 156.98 miliar BOE, gas bumi 95.64 miliar BOE, batubara 100.51 miliar BOE, LPG 64.46 miliar BOE, dan sisanya adalah non energi. Sektor transportasi masih memimpin dengan 391.40 miliar BOE, sedangkan pada sektor industri sebesar 334.47 miliar BOE, rumah tangga 151.21 miliar BOE, komersial 43.15 miliar BOE, sektor lainnya 16.10 miliar BOE dan 95.69 miliar BOE merupakan konsumsi non energi[3].



Pertumbuhan penduduk di Indonesia setiap tahunnya meningkat cukup pesat, pada tahun 2020 sudah mencapai 265 juta jiwa, Dari banyaknya pertumbuhan penduduk yang meningkat menimbulkan beberapa dampak dalam kehidupan menyebabkan penggunaan teknologi dan sumber energi semakin tinggi [4].

Semakin meningkatnya penggunaan energi sejalan dengan berkembangnya perekonomian dan industri, maka disadari pula pentingnya penghematan energi pada sisi pemakaian listrik. Hal ini tertuang dalam Instruksi Presiden (Inpres) No. 9 tahun 1982 tertanggal 7 April 1982, yang dikeluarkan oleh Pemerintah Republik Indonesia, tentang Konservasi Energi. Inpres ini terutama ditujukan terhadap pencahayaan gedung, AC, peralatan dan perlengkapan kantor yang menggunakan listrik, dan kendaraan dinas. Selain inpres No.9 tahun 1982 ada juga Inpres No. 10 tahun 2005 yang dikeluarkan sebagai langkah Pemerintah untuk menjamin ketahanan dan kecukupan pasokan energi di dalam negeri[5]. Keterbatasan BBM dan isu lingkungan yang telah mendorong pemerintah untuk mengubah kebijakannya. Melalui Perpres 5/2006 tentang Kebijakan Energi Nasional telah dicanangkan target energi mix nasional, dimana peran energi baru terbarukan (EBT) sebanyak 17% pada tahun 2025 dan direvisi pada tahun 2011 menjadi 25% pada tahun 2025. Target energi mix nasional yang akan digesa penggunaannya dalam waktu jangka panjang terdiri atas PLTD, PLTU, PLTG dan PLTMH. Diantara keempat pembangkit tersebut yang masih banyak digunakan saat ini adalah PLTU yang mempunyai sumber bahan bakar batu bara seperti di PLTU PAITON dan PLTU Tenayan Raya, sedangkan fiber sawit banyak ditemukan di industri kelapa sawit[6].

Industri kelapa sawit merupakan industri penghasil minyak sawit yang digunakan sebagai bahan utama pembuatan minyak goreng, minyak kelapa sawit juga di gunakan untuk pembuatan sabun, makanan dan kosmetik. saat ini Indonesia dan Malaysia merupakan produsen minyak kelapa sawit terbesar di dunia yang mana hasil minyak kelapa sawit dari dua negara ini mencapai 85-90%. semakin meningkatnya jumlah penduduk di dunia semakin banyak pula penggunaan bahan - bahan hasil dari kelapa sawit seperti makanan dan kosmetik, terlihat dari jumlah produksi minyak dunia tahun 2016 mencapai 58,800,000 ton dan indonesia menjadi penyumbang minyak kelapa sawit terbesar yaitu sebesar 36,000,000 ton/tahun. Hal ini membuktikan bahwa dalam 20 tahun terakhir peindustrian minyak kelapa sawit mengalami kemajuan yang pesat [7].





Indonesia memiliki beberapa perusahaan industri diberbagai bidang, salah satunya pada industri minyak kelapa sawit. PT Perkebunan Nusantara (PTPN) adalah nama dari empat belas Badan Usaha Milik Negara yang beroperasi dibidang perkebunan diseluruh Indonesia. Dari 14 perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) terdapat 6 perusahaan PTPN yang ada di pulau sumatra, yaitu PTPN II, PTPN III, PTPN IV, PTPN V, PTPN VI, PTPN VII. Di sumtra utara tepatnya di daerah medan terdapat PTPN II, PTPN III, PTPN IV yang merupakan PTPN pertama yang ada di Sumatra, daerah Provinsi Jambi terdapat PTPN VI, PTPN VII berada di Bandar Lampung dan di Riau terdapat PTPN V [8]. PTPN V di Provinsi Riau pada awalnya merupakan Badan Usaha Milik Negara yang didirikan berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia (PP) No. 10 tahun 1996 tanggal 14 Februari 1996 tentang Penyetoran modal Negara Republik Indonesia untuk pendirian perusahaan. dahulu terbentuk dari konsolidasi proyek-proyek pengembangan kebun eks PT Perkebunan (PTP) II, PTP IV dan PTP V di Provinsi Riau. PTPN V terdapat 12 pabrik sawit yang ada di Provinsi Riau dengan total luas areal tanaman seluas 78.340,09 Ha, kantor pusat di jalan Rambutan No. 43 Pekanbaru [9].

Jumlah produksi dari 12 perusahaan PTPN V yang tertinggi pada tahun 2018 adalah PTPN V Sei Rokan dengan jumlah produksi mencapai 284,168,610 ton, posisi kedua ialah PTPN V Terantam dengan jumlah produksi mencapai 271,756,730 ton, dan diposisi ketiga PTPN V Tandun dengan jumlah produksi mencapai 265,625,300 ton [10]. Untuk memproduksi hasil dari pengolahan tersebut dibutuhkan konsumsi listrik yang cukup besar. PTPN V Sei Rokan menggunakan PLTU sebagai pembangkit listrik utama, rata-rata dalam sebulan jumlah listrik yang dihasilkan adalah sebesar 326.580 KWH, dan rata-rata listrik yang di hasilkan dari PLTD adalah sebesar 6.152 KWH [11].

PLTU dan PLTD dalam menghasilkan listrik untuk menjalankan proses pengolahan sawit dalam tahun ini mengalami pemborosan, dilihat dari jumlah produksi dan jumlah biaya yang dikeluarkan pembangkit listrik untuk PLTU dan PLTD. Pada tahun 2017, jumlah produksi mencapai 287.560.280 ton. Jumlah biaya untuk PLTU sebesar Rp.3.933.458.607, untuk PLTD dengan biaya Rp.554.588.750 [12]. Pada tahun 2018 jumlah produksi 284,168,610 ton, biaya untuk PLTU yaitu sebesar Rp.4.494.450.728, dan biaya pada PLTD sebesar Rp. 866.108.074 [13]. Dengan ini bisa dilihat bahwa produksi ditahun 2018 menurun dengan selisih yang cukup banyak yaitu sebesar 3.391.670 ton. Tetapi biaya listriknya mengalami kenaikan yang cukup besar dengan selisih Rp.560.992.121. Hasil ini menunjukan biaya perbulannya dikatakan boros jika di



bandingkan dengan biaya listrik tahun 2017 dengan produksi yang jauh lebih banyak dan di tahun 2018 dengan produksi yang lebih sedikit tetapi biaya listriknya jauh lebih besar.

Dilihat dari rekening listrik pemborosan disebabkan dua faktor, sektor terbesar ialah pada proses pengolahan dan perumahan/kantor. Pada tahun 2018 penggunaan listrik pada proses produksi sebesar 3.457.805 kwh dengan biaya sebesar Rp.3.132.858.255. pada perumahan dan kantor penggunaan listriknya sebesar 464.131 kwh, dengan biaya Rp.436.663.940 [13].

Pada sektor pengolahan untuk hal ini dipengaruhi karena penggunaan motor-motor listrik yang menerima beban berlebih pada saat pengolahan terjadi membuat motor listrik harus menggunakan daya yang besar. Menurut Pak Sulis yang bertugas di bagian keuangan, motor-motor listrik yang di PTPN V Sei Rokan masih menggunakan motor listrik yang lama, Penggunaan motor listrik yang ada di PTPN V Sei Rokan sudah berkerja selama 36 tahun dari awal pabrik ini beroperasi yaitu pada tahun 1984, akibat diberikan tegangan yang melebihi kemampuannya hal ini dapat membuat kemampuan motor listrik dan masa penggunaannya berkurang, pada lilitan motor listrik akan cepat rusak karena dilalui tegangan melebihi kapasitasnya[14], selain itu faktor dari kerusakan isolasi belitan (*wending*) motor listrik disebabkan karena panas sehingga membuat belitan menjadi rapuh[47]. Jika motor listrik mengalami gangguan maka kegiatan pada proses pengolahan akan terganggu, secara teori motor listrik hanya mampu berkerja selama 15 tahun, tetapi pada prakteknya rata-rata usia pemakaian motor induksi hanya mencapai 5 tahun jika suhu pada ruangan tetap stabil, tingginya suhu di sekeliling tempat motor listrik juga dapat berpengaruh pada masa umur motor tersebut.[54] Selain itu, jika motor listrik rusak perbaikan hanya fokus pada suatu komponen mana yang mengalami kerusakan bukan pada penyebab terjadinya kerusakan, sehingga kemungkinan terjadinya kerusakan yang sama setelah motor listrik itu diperbaiki[15].

Dari beberapa masalah yang terjadi, perlu dilakukan tindakan audit dan konservasi energi untuk mengetahui seberapa besar daya listrik yang dapat dihemat dari motor listrik tersebut, dengan cara menghitung nilai efisiensi dan IKE pada motor listrik agar motor listrik yang digunakan dapat mengkonsumsi listrik dengan efisien dan juga sebagai acuan bagi perusahaan dalam menerapkan penghematan energi pada sektor pengolahan.

Audit energi merupakan salah satu langkah awal untuk melakukan penghematan energi. Audit energi bertujuan untuk mempelajari penggunaan energi pada suatu proses produksi, Hasil yang didapatkan dari audit energi dijadikan sebagai acuan bagi perusahaan





untuk membantu menentukan apa saja strategi yang tepat dalam meningkatkan efisiensi penggunaan energi sehingga dapat meningkatkan efisiensi produksi dan menekan biaya produksi jauh lebih sedikit[16]. Proses audit dilakukan pada motor-motor listrik untuk mengurangi pemakaian listrik yang berlebih karena pemakaian yang berlebih berdampak pada biaya pembangkitannya.

Pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan adalah tentang peluang penghematan energi pada motor listrik dalam upaya konservasi energi di PT. Tunggal Perkasa Plantation, hasil IKE yang didapat sebesar 5.56 kWh/ton. Hasil penghematan motor listrik dibagi beberapa bagian, yaitu 67% motor listrik tergolong standar refisien, 21% yang tergolong premium efisien dan 12% yang tergolong high efisien[20]. Sedangkan pada penelitian ini, untuk melakukan audit energi yang mana proses awal dari audit energi adalah dengan melakukan identifikasi terhadap peralatan yang mengkonsumsi energi listrik dilanjutkan dengan pengambilan data rekening listrik dan jadwal pengoperasian terhadap bagian pengolahan. Dari data tersebut dapat menghitung nilai IKE, setelah mendapatkan nilai IKE maka tahapan selanjutnya menggunakan metode konservasi energi yaitu *upgrade* teknologi. Untuk melakukan analisa biaya, perlu dilakukan metode *financial assessment* yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar biaya yang dikeluarkan sebelum dan sesudah melakukan penghematan. Selain dari beberapa metode yang telah disebutkan, terdapat metode yang digunakan untuk melakukan analisa ekonomi yaitu metode *cost benefit analysis* dengan parameter *payback period*. Secara garis besar beberapa metode yang telah disebutkan bertujuan untuk mengidentifikasi serta memberikan solusi agar penggunaan energi listrik pada PTPN V PKS Sei Rokan menjadi lebih efisien dan sesuai dengan peruntukannya.

Berdasarkan latar belakang di atas penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang akan diangkat menjadi judul Tugas Akhir ini adalah **“Analisis Peluang Penghematan Dan Konservasi Energi Pada Motor-Motor Ac Tiga Pasa Di PTPN V PKS Ujung Batu Sei Rokan (RIAU)”**.



## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang permasalahan tersebut, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana cara untuk mengetahui seberapa besar pemborosan pemakaian listrik pada motor-motor ac tiga phasa pada pabrik PTPN V PKS Ujung Batu Sei Rokan ?
2. Seberapa besar pemborosan pemakaian listrik pada motor-motor ac tiga phasa dalam rangka melakukan penghematan energi?
3. Bagaimana cara untuk menghemat energi listrik pada pabrik PTPN V PKS Ujung Batu Sei Rokan?

## 1.3 Tujuan penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk :

1. Mengetahui penggunaan energi listrik pada motor-motor ac tiga phasa pada pabrik PTPN V PKS Ujung Batu Sei Rokan
2. Mendapatkan data pemborosan penggunaan listrik pada motor-motor listrik ac tiga phasa
3. Untuk mendapatkan solusi dan rekomendasi penghematan listrik pada PTPN V PKS Ujung Batu Sei Rokan terhadap penggunaan motor-motor listrik tiga phasa.

## 1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini peneliti hanya membahas yang terkait tentang :

1. Hanya membahas strategi penghematan dari segi teknis dan biaya
2. Melakukan penghematan hanya pada motor listrik di sektor pengolahan.
3. Melakukan penelitian dibagian stasiun yang mengkonsumsi listrik paling tinggi

## 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang dilakukan bertujuan untuk :

1. Dapat mengidentifikasi tahapan proses yang kurang efisien sehingga usaha penghematan energi dapat dilakukan pada pabrik PTPN V PKS Ujung Batu Sei Rokan
2. Mengetahui dampak dari pemborosan motor-motor listrik ac tiga phasa
3. Mendapatkan cara penghematan yang akan di lakukan pada motor-motor ac tiga phasa

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian terkait

Referensi yang terkait dengan analisa peluang penghematan dan konservasi energi dapat dilihat dari penelitian sebelumnya mengenai.

“Studi Analisis Konsumsi dan Penghematan Energi di PT PG Krebet Baru 1”. Penelitian ini bermanfaat agar konsumsi energi pertahun dapat diketahui dan intensitas konsumsi energinya dapat dilihat berdasarkan pemakaian dari peralatan listrik yang digunakan. Penelitian ini menggunakan metode *IKE* dengan kajian data primer dan data sekunder yang diperoleh dari pengukuran, pengamatan dan berdasarkan referensi. Selain penggunaan metode *IKE*, perhitungan juga digunakan pada penelitian ini, perhitungan yang digunakan ialah untuk mencari konsumsi energi spesifik berapa pemakaian energi yang diperlukan untuk memproduksi gula, berapa pemakaian energi dari pendingin ruangan AC dan beban pada lampu. Hasil akhir dari penelitian ini adalah Konsumsi Energi Spesifik (KES) pada tahun 2012 adalah 0,55GJ/ton produksi sedangkan Konsumsi Energi Spesifik (KES) pada tahun 2013 adalah 0,92 GJ/ton produksi. Kondisi kelistrikan pada P.G. Krebet Baru I pada tahun 2013 dibandingkan dengan tahun sebelumnya adalah lebih boros dan tidak memenuhi standar KES yaitu 0,6 GJ/ton produksi. [17]

“Analisis Perhitungan Ekonomi dan Potensi Penghematan Energi Listrik pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap di Pabrik Kelapa Sawit PT. X” Manfaat dari penelitian ini adalah pemanfaatan pada boiler untuk mengoptimalkan biaya bahan bakar. Metode yang di gunakan adalah Metode Net Present Value (NPV) dan penambahan alat Economizer serta menghitung payback period. Dari Hasil penelitian menunjukan bahwa Faktor Kebutuhan oleh generator 1800 kW sebesar 57,3 %, Penghematan pada rugi-rugi boiler dengan menggunakan Economizer dapat menghasilkan penghematan sebesar Rp.116.000.000 pertahunnya dengan payback period 1.7 tahun. Menunjukan bahwa dengan penambahan Economizer membuat biaya pengolahan sedikit berkurang [18].





“Analisis Peluang Penghematan dan Konservasi energi pada Gedung Perpustakaan Soeman H.S Pekanbaru”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peluang penghematan energi dan nilai Intesitas Konsumsi Energi (IKE) melalui kegiatan audit energi pada gedung Perpustakaan Soeman H.S. Berdasarkan audit energi yang dilakukan didapatkan bahwa nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) pada gedung Perpustakaan Soeman H.S adalah 14,11 kWh/m<sup>2</sup>/bulan, dan nilai tersebut mengindikasikan cukup efisien namun belum mempertimbangkan prinsip konservasi energi. Setelah dilakukan perhitungan nilai IKE kemudian dilakukan upaya konservasi energi dan yang menjadi fokus adalah pada sistem pencahayaan. Setelah dilakukan konservasi energi dilakukan analisa biaya, dari hasil perhitungan didapatkan keuntungan selama 1 tahun adalah sebesar Rp. 419.590.960 dan jangka waktu pengembalian modal adalah selama 0,54 tahun[19].

“Perancangan Alat Bantu Penangkap Ikan (*Fishing Deck Machinery*) Untuk Peningkatan Produktifitas Nelayan”. Bertujuan untuk membantu nelayan dalam menangkap ikan menggunakan jaring dengan penggerak motor listrik. Proses alat bantu penangkap ikan menggunakan metode Ulrich and Eppinger dengan misi produk alat bantu penangkap ikan dapat di buat oleh industri local. Berdasarkan hasil perancangan konsep produk alat bantu penangkap ikan dipilih konsep varian ke 1 (satu) dengan spesifikasi, yaitu: (1) dimensi alat 500 mm x 150mm x 225 mm; (2) system penggerak dengan tenaga daya listrik rendah dengan menggunakan putaran reducer yang besar; (3) memiliki 2 (dua) fungsi manual dan fungsi.[48]

“Peluang Penghematan Energi Pada Motor Listrik Dalam Upaya Konservasi Energi di PT. Tunggal Perkasa Plantation”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peluang penghematan energi karena kurangnya pasokan daya listrik, dengan tindakan konservasi energi dengan menggunakan metode pengamatan dan pengukuran terhadap peralatan pengguna energi, penyebab dari kurangnya daya listrik dan tidak stabilnya daya listrik karena motor listrik yang terbakar. Hasil IKE yang didapatkan pada mesin produksi sebesar 5.56 kWh/ton dan untuk penggunaan energi listrik pada motor listrik dalam satu tahun produksi sebesar 57,9 GWh. Dari hasil perhitungan nilai efisiensi motor listrik sudah tergolong standar efisien. Dari 150 motor listrik, 67% motor listrik yang digunakan di



industri ini tergolong standar efisien, 21% yang tergolong premium efisien dan 12% yang tergolong high efisien. Perbaikan difokuskan pada penggulangan ulang lilitan/kumparan karena penyebab turunnya efisiensi motor listrik[20].

Berdasarkan penelitian terkait didapatkan bahwa, penelitian terdahulu hanya membahas sampai tahap audit energi dan konservasi energi pada gedung komersil, sehingga pada penelitian ini mengembangkan pembahasan tidak hanya mendapatkan data audit, tetapi peneliti menambahkan kajian yaitu upgrade teknologi, efisiensi motor listrik yang objek penelitiannya di industri kelapa sawit. Penambahan ini bertujuan untuk menganalisa peluang penghematan energi lebih rinci agar diperoleh penghematan energi yang lebih efisien. Setelah melakukan IKE, konservasi energi, upgrade teknologi dan efisiensi motor listrik, Sehingga pada penelitian yang akan dilakukan selanjutnya peneliti membahas beberapa pembahasan yaitu, audit, konservasi energi, upgrade teknologi dan efisiensi motor listrik.

## 2.2 Deskripsi Proses Pengolahan Kelapa Sawit

Proses pengolahan dalam pabrik kelapa sawit berfungsi untuk menekan kehilangan didalam proses pengolahannya, sehingga kualitas hasil pengolahan tidak bergantung dari kualitas dari Tandan Buah Segar (TBS) yang masuk ke dalam pabrik kelapa sawit. Secara garis besar proses pengolahan kelapa sawit dan neraca material balance pada pengolahan kelapa sawit adalah sebagai berikut:[51]

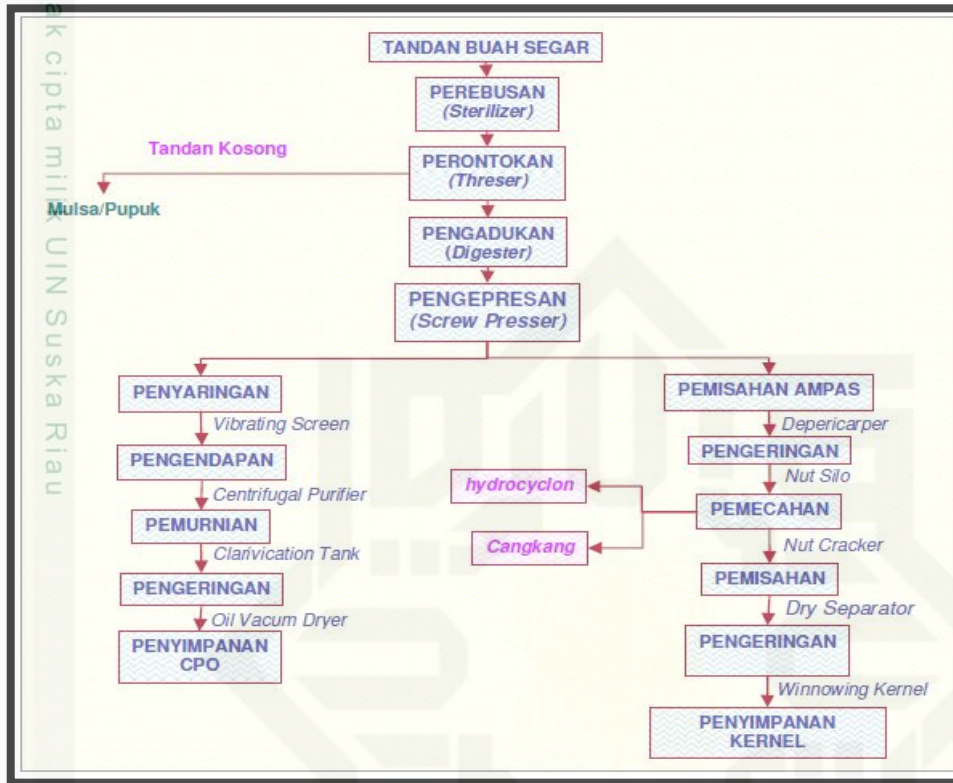
### 1. Perebusan

Proses perebusan pada *sterilizer* ini berfungsi untuk mematikan enzim-enzim yang dapat menurunkan kualitas minyak. Disamping itu juga, proses perebusan pada *sterilizer* dimaksudkan agar buah mudah lepas dari tandannya serta untuk memudahkan pemisahan cangkang dan inti.

### 2. Perontokan Buah Inti dari Tandan

Pada tahapan ini, buah yang masih melekat pada tandannya akan dipisahkan dengan menggunakan prinsip bantingan sehingga buah tersebut terlepas dari tandannya dan selanjutnya buah yang terlepas akan ditampung didalam *digester*.

Alat yang digunakan untuk perontokan buah disebut *thresher* dengan *drum* berputar (*rotari drum thresher*).



Gambar 2.1 Proses Pengolahan Pabrik Kelapa Sawit.[51]

### 3. Pengolahan Minyak dari Daging Buah

Buah yang terlepas dari tandan kelapa sawit dibawa oleh *fruit conveyor* dimasukkan kedalam *digester* atau disebut juga sebagai peralatan pengaduk. Setelah dari proses *digester* kemudian massa buah dimasukkan ke pengepresan agar minyak keluar dari biji dan *fiber*. Dari proses pengepresan tersebut akan diperoleh minyak kasar, biji dan ampas. Sebelum minyak kasar tersebut tampung pada *crude oil tank* harus dilakukan penyaringan untuk menghilangkan kadar pasirnya. Sedangkan ampas dan biji yang masih megandung minyak di kirim ke pemisahan ampas dan biji (*Depericarper*)[51].

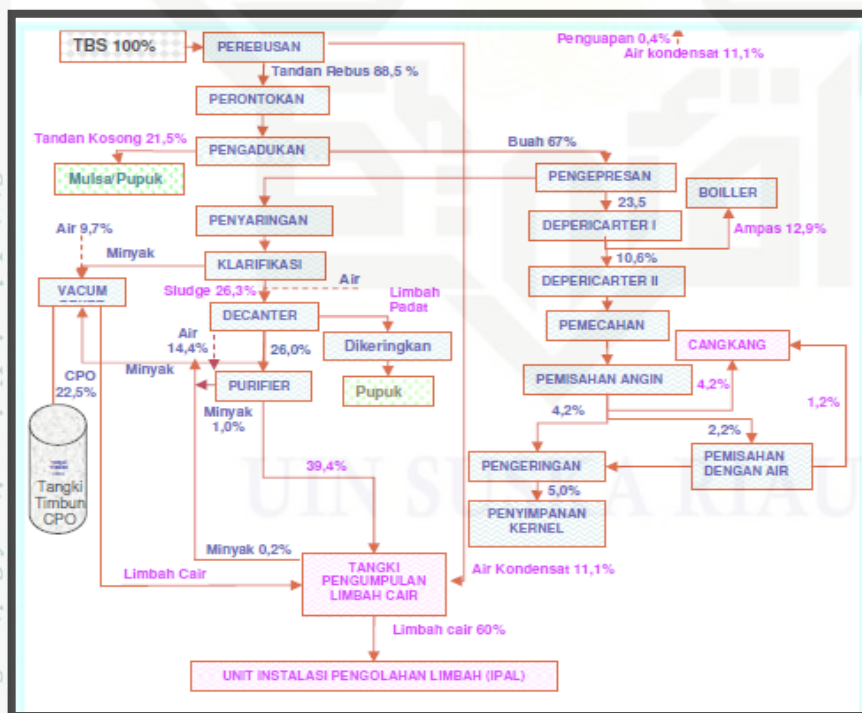


#### 4. Proses Pemurnian Minyak

Minyak yang berasal dari *oil tank* kemudian dialirkan menuju ke dalam *oil purifier* untuk memisahkan kotoran/solid yang mengandung kadar air. Selanjutnya minyak dialirkan ke *vacuum drier* untuk memisahkan air sampai pada batas standard, kemudian melalui *sarvo balance*, maka minyak sawit disalurkan oleh pompa menuju tangki timbun.

#### 5. Proses Pengolahan Inti Sawit

Ampas kempa yang terdiri dari biji dan serabut di masukkan ke dalam *depericaper* atau alat pemisah ampas dan biji. Pemisahan fiber dan biji terjadi akibat perbedaan gaya dan berat isap *blower*. Biji yang sudah terpisah dari ampas tertampung pada *nut silo* untuk mengurangi kadar air pada inti. Untuk mendapatkan mutu CPO (*Crude Palm Oil*) yang baik maka mutu Tandan Buah Segar (TBS) yang diolah harus dalam kematangan yang optimal[51].



Gambar 2.2 Material Balance Proses Pengolahan Minyak Sawit[51].

## 2.3 Hasil Samping Pengolahan Pabrik Kelapa Sawit

Selain menghasilkan CPO proses pengolahan sebuah pabrik memiliki hasil samping diantaranya adalah sebagai berikut:

### a. Tandan kosong

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) adalah salah satu produk samping (*by-product*) berupa padatan dari industri pengolahan kelapa sawit. Manfaat dari limbah tandan kosong ini adalah untuk pupuk kompos, *pulp* kertas, papan partikel, serta dapat dijadikan sumber energi.

### b. Cangkang

Cangkang merupakan hasil olah dari pemerosesan kernel inti buah kelapa sawit yang memiliki bentuk seperti tempurung buah kelapa. Adapun manfaat dari cangkang kelapa sawit selain bagi industri, usaha, dan rumah tangga, juga dapat digunakan sebagai karbon aktif, arang, papan partikel, serta dapat digunakan sebagai bahan bakar pada ketel uap [51].

### c. Pelepah

Pemanfaatan pelepah sendiri bisa digunakan sebagai “*fiber board*” untuk bahan baku mebel, kursi, meja dan lemari. Pelepah juga dapat digunakan sebagai bahan bakar energi terbarukan dalam teknologi gasifikasi pembangkit listrik tenaga gas dari pembakaran limbah pelepah kelapa sawit .

### d. *Fiber* (Serat)

*Fiber* merupakan limbah sisa perasan buah sawit dalam proses pengolahan pada pabrik kelapa sawit berupa serabut seperti benang. *Fiber* dan cangkang memiliki nilai kalor yang tinggi, maka dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar *boiler* untuk menghasilkan sumber energi listrik. Kandungan nilai kalor pada bagian fiber, cangkang, tandan kosong, pelepah kelapa sawit bisa dilihat pada tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Kandungan Nilai Kalor Limbah Kelapa Sawit [51].

No	Bahan uji Laboratorium	Kalor (Kkal/kg)
1	Tandan Kosong	18.00 Kkal/kg
2	Cangkang	3.400 Kkal/kg
3	Pelepah	4.176 Kkal/kg
4	Serat	2.637-4.554 Kkal/kg

## 2.4 Energi

Difinisi energi yang terdapat di Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) adalah kemampuan untuk melakukan sesuatu usaha atau kerja, karena setiap kerja yang di lakukan sekecil apapun membutuhkan energi. Kata energi diambil dari bahasa inggris yaitu *energy*. Energi di bagi menjadi beberapa bagian yaitu energi potensial dan energi mekanik, energi potensial adalah energi yang tersimpan pada suatu benda sedangkan energi mekanik adalah energi yang berubah-ubah dan bergerak. Tidak adanya energi membuat suatu benda menjadi tidak bergerak karena energi tersebutlah yang membuat benda itu menjadi hidup. Hukum Termodinamika I mengatakan bahwa “Energi dapat berubah dari satu bentuk ke bentuk yang lain, tetapi tidak bisa diciptakan ataupun dimusnahkan”[21].

Satuan energi adalah Joule (J). Satuan ini bertujuan untuk menghormati *James Prescott Joule*. Dan ada beberapa satuan energi lainnya, Kalori (kal), *Elektronvolt* (eV), *Kilowatt-Jam* (kWh), atau *British Thermal Unit* (BTU). Energi di temukan dalam berbagai bentuk seperti energi listrik, energi kimia, energi panas, energi cahaya. Standar Internasional (SI) yang di pakai di indonesia adalah Joule (J). Dapat didefinisikan 1 kalori = 4,2 joule, atau 1 joule = 0,24 kalori[22].





## 2.5 Audit Energi

Audit energi adalah sebagai sebuah proses untuk mengevaluasi di mana sebuah bangunan atau pabrik yang menggunakan energi, dan mencari penghematan energi untuk mengurangi konsumsi energi. Tujuan Audit Energi adalah untuk melakukan verifikasi bahwa subjek dari audit telah diselesaikan atau berjalan sesuai dengan standar, regulasi, dan praktik yang telah disetujui dan diterima. Setelah mendapatkan hasil uji, auditor energi menganalisa hasil tersebut melalui suatu kalkulasi dengan menggunakan materi pendukung yang ada (misalnya tabel, bagan). Lalu hasil dari uji tersebut digunakan untuk menyusun neraca energi, dimulai dari setiap bagian peralatan yang diuji dan selanjutnya instalasi pabrik seluruhnya. Dari neraca energi, dapat ditentukan efisiensi peralatan dan ada tidaknya peluang penghematan biaya energi. Setelah itu, dilakukan pengujian lebih rinci terhadap setiap peluang, perkiraan biayanya dan manfaat dari pilihan-pilihan yang telah ditentukan[23].

Setelah melalui beberapa persiapan sampai selesai dapat dilakukan audit energi awal yang melakukan pengumpulan dan penyusunan data historis motor listrik, selanjutnya melakukan dan menganalisa profil pengguna energi. Tahapan selanjutnya adalah audit energi rinci dengan melakukan pengukuran konsumsi energi dan menghitung intensitas konsumsi energi (IKE). Jika pada tahap ini ditemukan peluang - peluang penghematan energi maka akan dilakukan analisa peluang – peluang penghematan yang akan menghasilkan suatu rekomendasi[23].

## 2.6 Peraturan Audit Energi

### 2.6.1 Peraturan Menteri ESDM Nomor 13 Tahun 2012 Tentang Penghematan Pemakaian Tenaga Listrik

1. Tenaga Listrik adalah suatu bentuk energi sekunder yang dibangkitkan, ditransmisikan, dan didistribusikan untuk segala macam keperluan, tetapi tidak meliputi tenaga listrik yang dipakai untuk komunikasi, elektronika, atau isyarat.
2. Bangunan Gedung Negara adalah bangunan untuk keperluan dinas yang menjadi barang milik Negara/Daerah dan diadakan dengan sumber pembiayaan



yang berasal dari sumber dana APBN dan/atau APBD atau perolehan lainnya yang sah

3. Bangunan Gedung BUMN, BUMD, dan BHMN adalah bangunan untuk keperluan dinas yang dimiliki atau dikuasai oleh BUMN dan BUMD termasuk anak perusahaan yang berada di bawah kendalinya serta BHMN.[24]

### **2.6.2 Kementrian Perindustrian Tahun 2011 Tentang Pedoman Teknis Audit Energi Industri**

Pedoman teknis audit energi disusun untuk meningkatkan pengetahuan dalam pelaksanaan konservasi energi dan pengurangan emisi CO<sub>2</sub> di sektor industri yang bertujuan untuk mengidentifikasi peluang penghematan energi pada suatu sarana/fasilitas pengguna energi. *Output* audit energi berupa laporan peluang – peluang penghematan energi pada suatu *Cost Center* (pusat – pusat biaya energi) yang dapat dicapai setelah dilakukan pengamatan, pengukuran dan analisa energi (perhitungan dan pertimbangan energi) sehingga sasaran – sasaran yang akan dicapai seperti: menurunnya intensitas pengguna energi, meningkatnya peran serta industri dalam program konservasi energi dan peningkatan efisiensi pengguna energi dalam berproduksi.[29]

### **2.6.3 Peraturan Pemerintah RI Nomor 70 Tahun 2009 Tentang Konservasi Energi**

Pada pasal (1) ayat (1), konservasi energi yang dimaksud adalah upaya sistematis, terencana dan terpadu guna melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya. Serta diperkuat pasal (2) ayat (1), disebutkan konservasi energi nasional menjadi tanggung jawab pemerintah, pemerintah daerah provinsi, pemerintah daerah kabupaten atau kota, pengusaha dan masyarakat. Tanggung jawab sebagaimana dimaksudkan pada ayat (1) dilaksanakan berdasarkan rencana induk konservasi energi nasional. [33]



## 2.7 Motor Listrik AC Tiga Phasa

### 2.7.1 Motor Listrik

Motor listrik arus bolak-balik merupakan suatu mesin yang mengonversi tenaga listrik bolak-balik menjadi tenaga putar. Pasokan tenaga listrik dapat di peroleh dari *genset*, atau dari pembangkit-pembangkit listrik. Proses konversi tenaga listrik menjadi tenaga mekanik putar berdasarkan hukum Lorentz. Hukum Lorentz mengatakan, jika sebatang kawat beraliran arus listrik dan berada dalam suatu medan magnet, maka akan menghasilkan momen sebesar  $F \cdot l$ . Gaya yang dihasilkan tersebut lazim disebut dengan gaya Lorentz[25].

#### 1. Prinsip Kerja Motor Listrik

Motor induksi bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik dari kumparan stator kepada kumparan rotornya. Bila kumparan stator motor induksi 3 phasa yang dihubungkan dengan suatu sumber tegangan 3 phasa, maka kumparan stator akan menghasilkan medan magnet yang berputar. Garis-garis gaya fluks yang diinduksikan dari kumparan stator akan memotong kumparan rotornya sehingga timbul gaya gerak listrik (Emf) atau tegangan induksi. Karena penghantar (kumparan) rotor merupakan rangkaian yang tertutup, maka akan mengalir arus pada kumparan rotor. Kumparan rotor yang dialiri arus ini berada dalam garis gaya fluks yang berasal dari kumparan stator sehingga kumparan rotor akan mengalami gaya Lorentz yang menimbulkan torsi yang cenderung menggerakkan rotor sesuai dengan arah pergerakan medan induksi stator. [44].

Dalam memahami sebuah motor listrik penting untuk mengerti apa yang dimaksud dengan beban motor listrik. Beban mengacu pada keluaran tenaga putar sesuai dengan kecepatan yang diperluka. Beban umum dapat dikategorikan kedalam tiga kelompok diantaranya:[26].

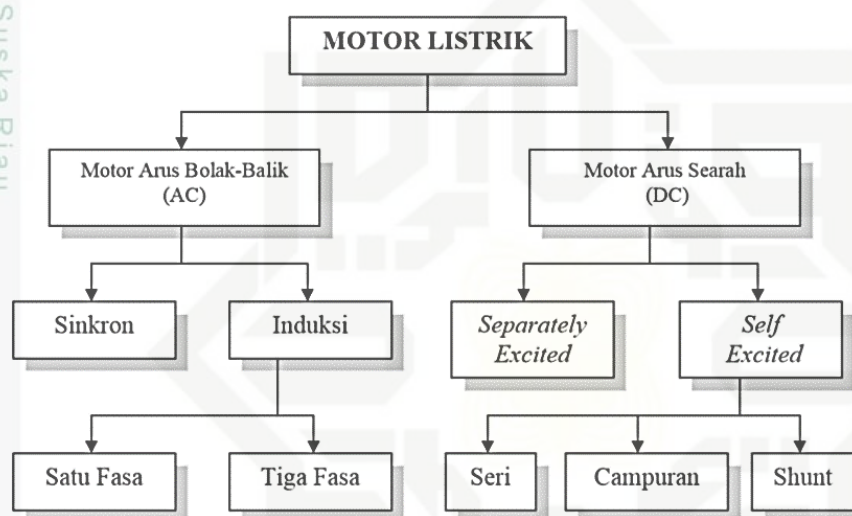
1. Beban *torque* konstan adalah beban dimana permintaan keluaran energinya bervariasi dengan kecepatan operasinya namun *Torque* nya tidak bervariasi. Contoh beban dengan torque konstan adalah *Conveyors*, *Rotari Klins* dan pompa.
2. Beban dengan variabel *Torque* adalah beban dengan *Torque* yang bervariasi dengan kecepatan operasi. Contoh beban dengan variabel *Torque* adalah pompa sentrifugal dan *Fan*.



3. Beban dengan energi bervariasi adalah beban dengan permintaan *Torque* yang berubah dan berbanding terbalik dengan kecepatan. Contoh untuk beban dengan daya konstan adalah peralatan – peralatan mesin.

## 2. Jenis Motor Listrik

Bagian ini menjelaskan tentang dua jenis motor listrik yang sering digunakan yaitu AC (*Alternating Current*) dan DC (*Direct Current*). Motor listrik ini dikategorikan berdasarkan pasokan input, konstruksi dan mekanisme operasinya[26].



Gambar 2.3: Diagram Motor Listrik [26]

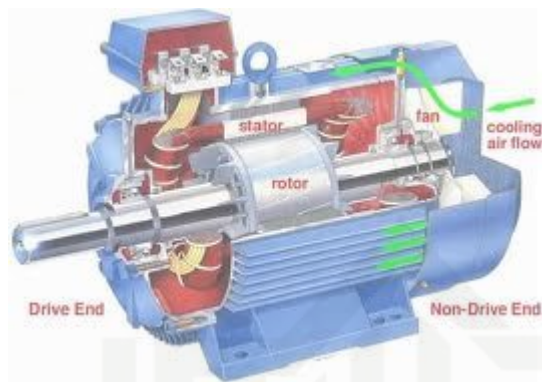
### 2.1.1 Motor Listrik AC

Motor listrik AC atau juga bisa disebut motor listrik arus bolak – balik menggunakan arus listrik yang membalikkan arahnya secara teratur pada rentang waktu tertentu. Motor listrik memiliki beberapa bagian dasar listrik yaitu *stator* dan *rotor*. Stator adalah komponen *statis* sedangkan rotor merupakan komponen listrik yang berkerja untuk memutar as motor[42].

#### 1, Motor sinkron

Motor sinkron adalah motor AC yang bekerja dengan kecepatan tetap pada sistim frekwensi tertentu. Motor ini menggunakan arus searah (DC) untuk pembangkitan daya dan memiliki torque awal yang rendah, oleh karena itu motor sinkron cocok untuk

penggunaan awal dengan beban rendah, seperti kompresor udara, perubahan frekuensi dan generator motor. Motor sinkron bisa untuk memperbaiki faktor daya sistem, sehingga sering digunakan pada sistem yang menggunakan banyak listrik [26].



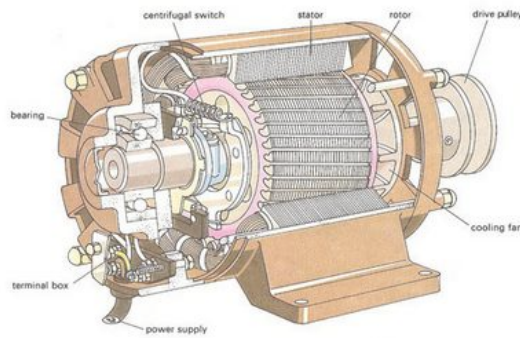
Gambar 2.4: Motor sinkron [43]

Komponen utama motor sinkron adalah

- Rotor, perbedaan utama antara motor sinkron dengan induksi adalah bahwa rotor mesin sinkron berjalan pada kecepatan yang sama dengan perputaran medan magnet. Hal ini memungkinkan karena medan magnet rotor tidak lagi terinduksi. Rotor memiliki magnet permanen yang dipaksa untuk mengunci pada posisi tertentu bila dihadapkan dengan medan magnet lainnya.
- Stator, stator menghasilkan medan magnet berputar yang sebanding dengan frekuensi yang dipasang [26].
- 

## 2. Motor Induksi

Motor induksi (Asinkron) merupakan motor paling sering digunakan di Industri, motor induksi juga disebut sebagai transformer berputar karena stator pada dasarnya adalah sisi primer trafo dan rotor adalah bagian sekunder trafo. Rotor dan Stator dipisahkan melalui beberapa celah udara yang membuat rotor dapat berputar. Stator dan Rotor disusun dari lempengan bahan yang dilaminasi menjadi bentuk stator maupun rotor. Gambar 2.3 dibawah ini menggambarkan bagian-bagian motor listrik induksi [26].



Gambar 2.5: Motor induksi [26]

Motor listrik induksi memiliki dua komponen utama yaitu:

#### A. Stator

Stator terdiri dari:

1. Selinder terluar motor listrik yang terbuat dari baja, besi atau campuran aluminium yang dibentuk menjadi silinder.
2. Jalur magnetik yang terdiri dari satu set slot laminasi baja yang dipres ke ruang dalam silinder, jalur magnetik tersebut dilaminasi untuk mengurangi rugi arus eddy.
3. Satu set lilitan listrik yang diisolasi di dalam slot jalur magnetik yang terlaminsi. Untuk motor listrik 3 fasa, 3 set lilitan diperlukan untuk tiap fasanya. Gulungan ini dilingkarkan ke sejumlah kutub tertentu[26].

#### B. Rotor

Rotor adalah bagian mesin yang bergerak. Rotor terdiri dari beberapa set laminasi baja yang dipres bersama didalam jalur magnetik silinder dan rangkaian listrik. motor induksi memiliki dua jenis rotor yaitu[26]:

1. Rotor sangkar tupai yang terdiri dari satu set batang penghantar tembaga atau aluminium yang diletakan dalam alur slot paralel. Batang- batang tersebut dihubungkan pendek pada kedua ujungnya dengan cincin hubungan pendek, dengan konstruksinya yang menyerupai sangkar tupai, rotor ini disebut rotor sangkar tupai. Rotor sangkar tupai ini merupakan jenis rotor yang paling banyak digunakan[26].





Gambar 2.6: stator motor listrik di PTPN V PKS Sei Rokan[10]

2. Wound rotor adalah rotor yang mempunyai gulungan tiga fasa, lapisan ganda dan terdistribusi secara merata. Dibentuk melingkar sebanyak kutub stator. Tiga fasa digulungi kawat pada bagian dalamnya dan ujung yang lainnya dihubungkan ke cincin kecil yang dipasang kebatang as dengan sikat yang menempel padanya. Fitur utama cincin geser ini adalah resistor yang diseri dengan rangkaian rotor untuk membatasi arus starting[26].



Gambar 2.7: rotor di PTPN V PKS Sei Rokan[10]

### 3. Klasifikasi Motor Listrik Induksi

Motor listrik induksi dapat diklarifikasikan menjadi dua kelompok utama:

1. Motor listrik induksi satu fasa. Motor listrik ini hanya memiliki satu gulungan stator, beroperasi dengan pasokan daya satu fasa, memiliki sebuah rotor kandang tupai dan memerlukan sebuah alat untuk menghidupkan motornya. Motor listrik seperti ini sering digunakan dalam kehidupan sehari – hari khususnya rumah tangga[26].
2. Motor listrik induksi tiga fasa, medan magnet yang berputar dihasilkan oleh pasokan tiga fasa yang seimbang, motor listrik ini memiliki

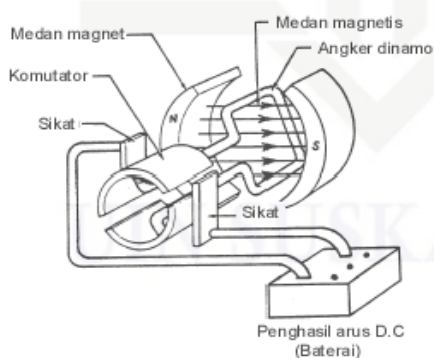
kemampuan daya yang tinggi, dapat memiliki kandang tipai atau gulungan rotor ( walaupun 90% memiliki rotor kandang tupai), dan penyalanya sendiri. Sekitar 70% motor di industri menggunakan jenis ini, sebagai contoh pompa kompresor, *Belt Conveyor*, jaringan listrik dan *Grinder*[26].

#### 4. Kecepatan Motor Listrik Induksi

Motor listrik induksi bekerja sebagai berikut, listrik yang mengalir ke stator yang menghasilkan medan magnet, medan magnet bergerak dengan kecepatan sinkron disekitar rotor, arus rotor menghasilkan medan magnet kedua yang berusaha melawan medan magnet stator yang menyebabkan rotor berputar. Terjadinya perbedaan antara kedua kecepatan tersebut disebabkan adanya *Slip* atau geseran yang meningkat dengan meningkatnya beban. *Slip* hanya terjadi pada motor listrik induksi, untuk menghindari *slip* dapat dipasang sebuah cincin geser (*Slip Ring*) dan motor listrik tersebut dinamakan “motor cincin geser”[26].

#### 2.7.1.2 Motor Listrik DC

Motor listrik DC adalah jenis motor arus searah, motor listrik seperti ini menggunakan arus listrik yang searah. Motor listrik DC sering digunakan pada penggunaan khusus dimana diperlukan penyalan *Torque* yang tinggi atau percepatan yang tetap untuk kisaran kecepatan yang luas[41].



Gambar 2.8: Motor DC[41].

Motor listrik DC memiliki tiga komponen utama:

1. Kutub medan, secara sederhana digambarkan bahwa interaksi dua kutub magnet akan menyebabkan perputaran pada motor listrik DC. Motor listrik DC

memiliki kutub medan yang stasioner dan dinamo yang menggerakkan bearing pada ruang diantara kutub medan. Motor listrik DC sederhana memiliki dua kutub yakni utara dan selatan, garis magnetik energi membesar melintasi bukaan diantara kutub – kutub dari utara ke selatan. Untuk motor yang lebih besar atau kompleks terdapat satu atau lebih elektromagnet. Elektromagnet menerima listrik dari daya dari luar luar sebagai penyediaan struktur medan.

2. Dinamo, bila arus masuk menuju dinamo, maka arus ini akan menjadi elektromagnet. Dinamo yang berbentuk selinder dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk kasus motor listrik DC yang kecil, dinamo berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub – kutub sampai kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi. Jika hal ini terjadi, arusnya berbalik untuk merubah kutub – kutub utara dan selatan dinamo.
3. *Commutor*, kegunaannya adalah membalikan arah arus listrik dalam dinamo. Kommutor juga membantu dalam transisi arus antara dinamo dan sumber daya.

Keuntungan utama motor listrik DC adalah sebagai pengendali kecepatan yang tidak mempengaruhi kualitas produksi daya. Motor listrik ini dapat dikendalikan dengan mengatur: [41].

1. Tegangan dinamo – meningkatkan tegangan dinamo akan meningkatkan kecepatan.
2. Arus medan – menurunkan arus medan akan meningkatkan kecepatan medan.

Motor listrik DC tersedia dalam banyak ukuran, namun penggunaannya pada umumnya dibatasi untuk beberapa penggunaan kecepatan rendah. Penggunaan daya rendah dan sedang seperti peralatan mesin dan *rolling mills*, sebab sering terjadi perubahan daya arah arus listrik mekanis pada ukuran yang lebih besar[41].





## 2.8 Penggunaan motor listrik

Pada penggunaan motor listrik dilakukan konservasi energi untuk mengetahui besarnya penggunaan energi listrik dengan memperhatikan perilaku beban dan pembebanan pada motor listrik. hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah motor listrik sudah maksimal bekerja dalam sistem atau belum, sehingga dapat mengeluarkan suatu rekomendasi untuk membuat sistem bekerja lebih efisien, efektif dan tepat guna. Perhitungan intensitas kebutuhan energi listrik dilakukan dengan persamaan: [26]

$$\text{kWh/hr} = P_i \times t \quad (2.1)$$

Dimana:

$\text{kWh/hr}$  = daya perhari (watt)

$P_i$  = daya tiga fasa (kWh)

$t$  = waktu penyalaan (jam)

Dari persamaan (2.1) dihasilkan penggunaan energi perhari, maka dengan persamaan diatas dapat diperoleh besarnya energi perbulan, ditunjukkan pada persamaan: [26]

$$\text{kWh/bln} = \text{kWh/hr} \times \text{jumlah hari penyalaan} \quad (2.2)$$

Dimana:

$\text{kWh/bln}$  = daya perbulan (watt)

$\text{kWh/hr}$  = daya total perhari (watt)

Jumlah hari penyalaan = total penyalaan

Dari persamaan (2.2) dengan cara yang sama, maka didapat penggunaan energi per tahun ditunjukkan pada persamaan: [26]

$$\text{kWh/thn} = \text{kWh/bln} \times \text{jumlah bulan penyalaan} \quad (2.3)$$

Dimana:

$\text{kWh/thn}$  = daya pertahun (watt)

$\text{kWh/bln}$  = daya total perbulan (watt)

Jumlah hari penyalaan = total penyalaan



## 2.9 Standarisasi Motor Listrik

Motor listrik yang umum digunakan di industri adalah motor listrik induksi (asinkron), dengan dua standar global yakni IEC (*International Electrotechnical Commission*) dan NEMA (*National Electrical Manufacturers Association*). Motor asinkron IEC berbasis (*Milimeter*) sedangkan motor listrik NEMA berbasis *impereal* (*Inch*), dalam aplikasi ada satuan daya dalam *Horsepower* (Hp) maupun *kilo watt* (kW). IEC adalah suatu organisasi standarisasi internasional yang menyiapkan dan mempublikasikan standar internasional untuk semua teknologi elektrik, elektronika, dan teknologi lain yang terkait yang secara kolektif dikenal dengan elektroteknologi. Standar IEC meliputi berbagai teknologi dari pembangkit, transmisi dan distribusi tenaga listrik. IEC juga mengelola skema penilaian kesesuaian yang menyatakan apakah suatu perangkat, sistem atau komponen sesuai dengan standar internasional. IEC menerbitkan standar bersama dengan IEEE (*Institut Of Electrical And Electronics Engineers*) dan mengembangkan standar standar bersama dengan ISO (*International Organization For Standarization*) dan juga ITU (*International Telecommunication Union*). [30]

Motor listrik dalam standar IEC dibagi menjadi beberapa kelas dengan efisiensi yang dimilikinya. Sebagai standar EU (*Uni Eropa*), pembagian kelas motor listrik menjadi 3 kelas, diantaranya: IE1, IE2 dan IE3. Untuk IE1 adalah motor listrik yang tergolong standar efisien, sedangkan IE2 motor listrik yang tergolong *premium* efisien dan IE3 motor listrik yang tergolong *high* efisien/motor listrik yang paling efisien. Lembaga yang menjamin level efisiensi ini adalah CEMAP (*European Committe Of Manufacturers Of Electrical Machines And Power Electrinics*), sebuah konsorsium di eropa yang didirikan oleh beberapa pabrik-pabrik elektrik motor listrik yang ternama, dengan tujuan untuk menyelamatkan lingkungan dengan mengurangi pencemaran karbon secara global, karena banyak daya diboroskan dalam pemakaian beban listrik. [31]



## 2.10 Rugi-Rugi Pada Motor Induksi

Motor-motor listrik adalah suatu alat yang digunakan untuk mengkonfirmasi energi listrik menjadi energi mekanis. Keadaan ideal dalam sistem konversi energi, yaitu: mempunyai daya output tepat sama dengan daya input yang dapat dikatakan efisiensi 100%. Keadaan yang sebenarnya tentu akan ada kerugian energi yang menyebabkan efisiensi dibawah 100%. Dalam sistem konversi energi elektromekanik, yakni dalam operasi motor-motor listrik terutama pada motor induksi, total daya yang diterima akan sama dengan daya yang diberikan, ditambah dengan kerugian daya yang terjadi, untuk menghiung rugi rugi motor listrik harus mencari nilai P<sub>1</sub> dengan rumus sebagai berikut.

Rumus untuk menghitung daya input motor listrik induksi:

$$P_1 = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi \quad (2.4)$$

Dimana:

- P<sub>1</sub> = daya input (watt)
- V = tegangan kerja sistem (volt)
- I = arus yang disalurkan (amper)
- cos φ = faktor kerja.

Untuk mengetahui daya output dengan cara melihat dari name plate yang ada pada motor listrik, daya yang tertera pada name plate adalah menyatakan besarnya kemampuan motor listrik untuk menggerakan beban. Sehingga jika di name plate terbaca 100 kw itu bukan berarti dibutuhkan daya listrik sebesar 100 kw untuk menggerakan motor listrik dan beban, tetapi kemampuan motor untuk menggerakan beban sebesar 100 kw.

Menghitung daya output motor listrik induksi:[48]

$$P_{\text{output}} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{eff} \cdot \cos \varphi \quad (2.5)$$

Dimana:

- P<sub>1</sub> = daya input (watt)
- V = tegangan kerja sistem (volt)
- I = arus yang disalurkan (amper)
- Eff = efisiensi
- cos φ = faktor kerja.





Sehingga rugi – rugi daya pada motor listrik dijelaskan pada persamaan berikut.

$$\text{Rugi-rugi daya motor listrik} = P_1 - P_2 \quad (2.6)$$

Dimana :

$P_1$  = daya input (watt)

$P_2$  = daya output yang dihasilkan oleh motor listrik

Dari persamaan diatas, perlu dipelajari faktor-faktor yang menyebabkan efisiensi selalu dibawah 100%. Untuk itu perlu diketahui kerugian apa saja yang timbul selama motor beroperasi.

### 2.10.1 Rugi-Rugi Inti

Rugi-rugi inti diperoleh magnetis dalam stator dan rotor akibat timbulnya efek histeris dan arus pusar. Timbulnya rugi-rugi inti ketika besi jangkar atau struktur rotor mengalami perubahan fluks terhadap waktu. Rugi-rugi ini tidak bergantung pada beban. Tetapi merupakan fungsi daripada fluks dan kecepatan motor. Pada umumnya rugi-rugi inti berkisar antara 20-25 dari total kerugian daya motor pada keadaan nominal.[48]

### 2.10.2 Rugi-Rugi Mekanik

Rugi-rugi gesekan atau mekanik adalah energi mekanik yang dipakai dalam motor listrik untuk menanggulangi gesekan bantalan poros, gesekan sikat melawan komutator atau slip ring, gesekan dari bagian yang berputar terhadap angin, terutama pada daun kipas pendingin. Kerugian energi ini selalu berubah menjadi panas seperti pada semua rugi-rugi lainnya.[48]

Rugi-rugi mekanik dianggap konstan dari beban nol hingga beban penuh, dan ini adalah masuk akal tetapi tidak sepenuhnya tepat seperti halnya pada rugi –rugi inti. Macam-macam ketidaktepatan ini dapat dihitung dalam rugi-rugi *stray load*, rugi-rugi mekanik biasanya berkisar antara 5 – 8% dari total rugi-rugi daya motor pada keadaan beban nominal.[48]



### 2.10.3 Rugi Belitan

Rugi-rugi belitan atau sering juga disebut rugi-rugi tembaga, tetapi pada saat sekarang tidak begitu, hanya notor listrik terutama motor dengan ukuran sangat kecil diatas 750 W, mempunyai belitan stator dari kawat kawat aluminium. Yang lebih tepat disebut rugi-rugi. Sangat sulit untuk menentukan daya yang sebenarnya dari tahanan belitan dibawah kondisi operasi. Kesalahan pengukuran kerugian belitan dapat dimasukan ke dalam kerugian *stray load*. Pada umumnya rugi-rugi belitan ini berkisar antara 55 – 60% dari total kerugian motor pada keadaan beban normal. [48]

### 2.10.4 Rugi-Rugi *Stray Load*

Kita telah melihat beberapa macam kerugian selalu dianggap konstan dari keadaan beban nol hingga beban penuh walaupun kita tahu bahwa rugi-rugi tersebut sebenarnya berubah secara kecil terhadap beban. Perubahan fluks terhadap beban, *skin effect*, geometri konduktor sehingga arus terbagi sedikit tidak merata dalam konduktor bertambah, mengakibatkan pertambahan tahanan konduktor dan karena itu rugi-rugi konduktor harus bertambah. Dari semua kerugian yang relative kecil ini, baik dais umber yang diketahui menjadi rugi-rugi *stray load* yang cenderung bertambah besar apabila beban meningkat (berbanding kuadrat dengan arus beban). [48]

## 2.11 Efisiensi Motor Listrik

Motor mengubah energi listrik menjadi energi mekanik untuk melayani beban tertentu. Pada proses ini, kehilangan energi. Efisiensi motor ditentukan oleh kehilangan dasar yang dapat dikurangi hanya oleh perubahan pada rancangan motor dan kondisi operasi. Kehilangan dapat bervariasi dari kurang lebih dua persen hingga 20 persen. Terdapat hubungan yang jelas antara efisiensi motor dan beban. Pabrik motor membuat rancangan motor untuk beroperasi pada beban 50-100% dan akan paling efisien pada beban 75%. Tetapi, jika beban turun dibawah 50% efisiensi turun dengan cepat. Mengoperasikan motor dibawah laju beban 50% memiliki dampak faktor dayanya. Efisiensi motor yang tinggi dan faktor daya yang mendekati 1 sangat diinginkan untuk operasi yang efisien dan untuk menjaga biaya rendah untuk seluruh pabrik, tidak hanya untuk motor[27].



## 2.11.1 Menghitung Efisiensi Motor Listrik

Setelah mengetahui nilai P1 dan P2

Sehingga nilai efisiensi motor listrik didapat sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi } (\eta) = (P2 / P1) \times 100\% \quad (2.7)$$

Dimana:

$\eta$  = efisiensi motor listrik (%)

P1 = daya input (watt)

P2 = daya output (watt)



Gambar 2.9: Daya dan Rugi Motor Induksi [27]

Dari gambar 2.9 di atas efisiensi dibandingkan antara daya keluaran dan daya masukannya. Daya keluaran sama dengan daya masukan dikurangi dengan semua rugi - rugi yang ada. Oleh karena itu, jika dua dari tiga variabel (keluaran, masukan dan rugi - rugi) telah didapatkan nilainya maka nilai efisiensi dapat ditentukan.

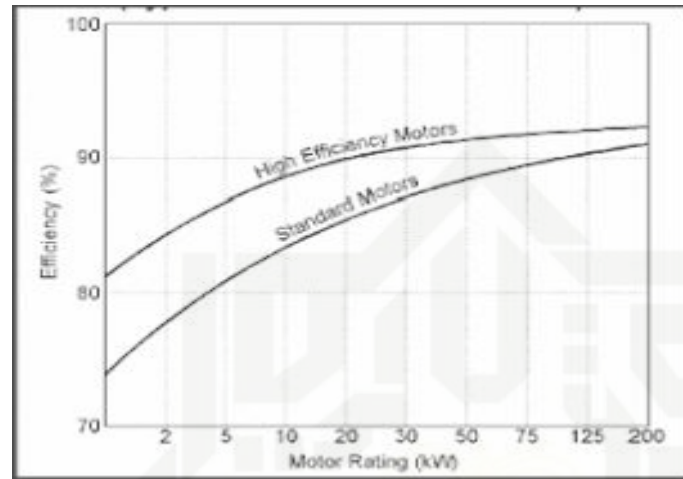
Faktor – faktor yang mempengaruhi efisiensi motor listrik adalah[27]:

1. Usia motor listrik.
2. Kapasitas motor listrik, efisiensi motor listrik meningkat dengan laju kapasitasnya.
3. Kecepatan, motor listrik dengan kecepatan yang lebih tinggi lebih efisien.
4. Jenis motor, motor listrik kandang tupai lebih efisien dibandingkan motor listrik cincin geser.
5. Suhu, motor listrik yang didinginkan oleh fan dan tertutup total lebih efisien dibandingkan motor listrik *screen protected drif-proof* (SPDP).
6. Pengulungan ulang motor listrik dapat menyebabkan penurunan kinerja motor listrik.





Untuk alasan ini maka dalam mengkaji kinerja motor listrik akan bermanfaat bila menentukan beban dan efisiensinya. Untuk mengukur efisiensi motor listrik, maka motor listrik harus dilepaskan sambungannya dari beban dan dibiarkan untuk melalui serangkaian uji. Hasil uji tersebut kemudian dibandingkan dengan grafik kinerja standar[27].



Gambar 2.10: Perbandingan antara Motor listrik Efisien Tinggi dan Motor Standar [28]

Motor listrik dengan energi yang efisien mencakup kisaran kecepatan dan beban penuh yakni 3% hingga 7%. Untuk mengukur efisiensi motor, maka motor harus dilepaskan sambungannya dari beban dan dibiarkan untuk melalui serangkaian uji. Jika tidak memungkinkan untuk memutuskan sambungan motor dari beban, perkiraan nilai efisiensi didapat dari tabel khusus untuk nilai efisiensi motor. Nilai efisiensi disediakan untuk:[28]

1. Motor dengan efisien standar 900, 1200, 1800 dan 3600 rpm.
2. motor anti menetes terbuka/*Open Drift-Proof* (ODP) dan motor yang didinginkan oleh fan dan tertutup total/*Endclosed Fan-Cooled Motor* (TEFC).
3. Tingkat beban 25%, 50%, 75%, dan 100%.

## 2.11.2 Penurunan Efisiensi Motor Listrik

Efisiensi total tergantung kepada efisiensi motor listrik penggeraknya, karena itu perlu diperiksa dan diketahui efisiensi motor listrik. Kinerja motor listrik sangat tergantung dari kualitas *Supply* listriknya. Ada beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya penurunan efisiensi motor listrik diantaranya: [26]



1. Tegangan yang tidak stabil pada motor listrik (*V-Unbalance*) akan menurunkan kinerja dan usia motor 3 fasa dari umur teknis.
2. Tegangan yang tidak stabil pada terminal stator motor listrik menyebabkan fasa ketidak stabilan arus(*I-Unbalance*).
3. Ketidakstabilan arus menyebabkan ketidakstabilan torsi, yang mengakibatkan terjadinya getaran dan stres mesin, meningkatkan energi *Lossis* dan motor listrik menjadi lebih panas, yang pada akhirnya menyebabkan usia insulasi gulungan motor listrik menjadi pendek.
4. Motor listrik akan menjadi lebih panas ketika beroperasi pada pasokan daya dengan tegangan yang tidak stabil.

Menurut syarat yang dikeluarkan oleh produsen motor listrik di Amerika (NEMA) yang sering dipakai acuan dari pengalaman praktis, untuk mendapatkan kinerja motor listrik yang optimal diperlukan kualitas dan kuantitas pasokan energi sebagai berikut:

Devisi tegangan	$= \pm 10\%$
<i>Unbalance</i> antr tegangan	$= \pm 1\%$
<i>Unbalance</i> antar arus	$= \pm 10\%$
Deviasi frekuensi	$= \pm 5\%$

Selain itu, penggulangan ulang dari motor listrik juga akan menjadi penyebab turunnya efisiensi motor listrik. Karena pada umumnya reparatur motor listrik tidak pernah bisa melakukan penggulangan ulang seperti disain aslinya, dan reparatur tidak pernah melakukan pengukuran efisiensi motor listrik akibat penggulangan ulang, maka disarankan dilakukan kajian sebelum penggulangan ulang dan memperhitungkan kerugian energi bila tidak dilakukan penggulangan ulang dibandingkan dengan keuntungan finansial akibat penggulangan ulang. [26]

### 2.11.3 Peluang Efisiensi Energi pada Motor Listrik

Efisiensi energi pada motor listrik sangat penting pada saat sekarang ini, dengan menggunakan motor yang hemat energi diharapkan dapat mengurangi pemakaian bahan bakar dan mengurangi biaya pembangkitan tenaga listrik. Selain itu juga dengan menggunakan motor listrik yang hemat energi dapat mengurangi biaya perawatan pada motor listrik itu sendiri. Berikut ini peluang-peluang yang dapat dicapai dalam pengefisienan energi pada motor listrik. [26]

Tabel 2.2:Efisiensi Motor Listrik 3 Phasa [30]

50 HZ									
kW	IE1-Standar Efficiency			IE2-Premium Efficiency			IE3-High Efficiency		
	2-pole	4-pole	6-pole	2-pole	4-pole	6-pole	2-pole	4-pole	6-pole
0.75	72.1	72.1	70.0	77.4	79.6	75.9	80.7	82.5	78.9
1.1	75.0	75.0	72.9	79.6	81.4	78.1	82.7	84.1	81.0
1.5	77.2	77.2	75.2	81.3	82.8	79.8	84.2	85.3	82.5
2.2	79.7	79.7	77.7	83.2	84.3	81.8	85.9	86.7	84.3
3	81.5	81.5	79.7	84.6	85.5	83.3	87.1	87.7	85.6
4	83.1	83.1	81.4	85.8	86.6	84.6	88.1	88.6	86.8
5.5	84.7	84.7	83.1	87.0	87.7	86.0	89.2	89.6	88.0
7.5	86.0	86.0	84.7	88.1	88.7	87.2	90.1	90.4	89.1
11	87.6	87.6	86.4	89.4	89.8	88.7	91.2	91.4	90.3
45	91.7	91.7	91.4	92.9	93.1	92.7	94.0	94.2	93.7





Dari tabel efisiensi motor listrik yang dikeluarkan oleh IEC diatas terdapat tiga tingkatan efisiensi yang dihasilkan motor listrik dimana diantaranya, tingkatan pertama yaitu motor listrik yang memiliki nilai efisiensi standar sedangkan tingkatan efisiensi yang kedua yakni motor listrik yang memiliki nilai efisiensi yang tinggi dan tingkatan motor listrik yang ketiga yakni motor listrik yang memiliki tingkatan efisiensi yang paling efisien. Selain dari itu masing - masing dari motor listrik memiliki nilai kW yang berbeda - beda tergantung dari kapasitas motor listrik itu sendiri dan memiliki nilai kutub yang berbeda[24].

Tabel 2.3: Jenis kehilangan pada Motor Listrik Induksi [26]

Jenis Kehilangan	Persentase Kehilangan Total (100%)
Kehilangan tetap	25
Kehilangan variabel-kehilangan stator $I^2R$	34
Kehilangan variabel-kehilangan rotor $I^2R$	21
Kehilangan gesekan dan penggulangan ulang	15
Kehilangan beban yang menyimpang	5

Tabel 2.4: Area Perbaikan Motor Listrik Yang Efisien Energinya [26]

Area Kehilangan Energi	Peningkatan Efisiensi
1. Besi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Digunakan <i>gauge</i> yang lebih tipis sebab kehilangan inti baja yang lebih rendah menurunkan kehilangan arus <i>eddy</i>.</li> <li>- Inti lebih panjang yang dirancang menggunakan baja akan mengurangi kehilangan karena masa jenis <i>flux</i> operasi yang lebih digunakan <i>gauge</i> yang lebih tipis sebab kehilangan inti baja yang lebih rendah menurunkan kehilangan arus <i>eddy</i>.</li> <li>- Inti lebih panjang yang dirancang menggunakan baja akan mengurangi kehilangan karena masa jenis <i>flux</i> operasi yang lebih rendah</li> </ul>



2. Stator I <sup>2</sup> R	- Menggunakan lebih banyak tembaga dan konduktor yang lebih besar meningkatkan luas lintang penggulangan stator. Hal ini akan menurunkan tahanan (R) dari penggulangan dan mengurangi kehilangan karena aliran arus (I).
3. Gesekan & Pegulangan	Menggunakan rancangan fan dengan kehilangan yang rendah menurunkan kehilangan yang diakibatkan oleh pergerakan udara
4. Kehilangan beban yang menyimpang	- Menggunakan rancangan yang sudah dioptimalkan dan prosedur pengendalian kualitas yang ketat

### 2.12 Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

Intensitas konsumsi energi (IKE) berpedoman pada Kementrian Perindustrian tahun 2011 yakni pedoman teknis audit energi dalam rangka Implementasi Konservasi Energi dan Pengurangan Emisi CO<sub>2</sub> di Sektor Industri. Intensitas Konsumsi Energi (IKE) merupakan parameter utama yang harus dicari dan ditentukan, baik pada sistem proses produksi maupun pada peralatan *utility* (motor listrik). Dengan besaran/nilai IKE tersebut dapat dikembangkan menjadi formulasi dan simulasi analisa peluang penghematan energi. [27]. Perhitungan intensitas konsumsi energi (IKE) dilakukan dengan perbandingan antara penggunaan energi rata – rata perbulan dengan hasil produksi perbulan, seperti yang ditunjukkan pada persamaan berikut: [26]

Persamaan yang digunakan untuk menghitung IKE adalah sebagai berikut :

$$IKE = \frac{Kwh \text{ rata-rata}}{jumlah \text{ produksi}} \quad (2.8)$$

Dimana:

IKE = intensitas Konsumsi Energi

Kwh rata – rata = watt

Jumlah produksi = ton/hari



## 2.13 Manajemen Energi

### 2.13.1 Defenisi Manajemen Energi

Defenisi manajemen energi menurut Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2012 mengatakan manajemen energi adalah kegiatan terpadu untuk mengendalikan konsumsi energi agar tercapai pemanfaatan energi yang efektif dan efisien untuk menghasilkan keluaran yang maksimal.[33]

### 2.13.2 Tujuan Dari Manajemen Energi

Tujuan utama dari manajemen energi adalah untuk memperoleh dan mempertahankan penyediaan energi dan pemanfaatan energi secara optimal pada suatu organisasi yang juga mencakup pada tujuan-tujuan lainnya yaitu untuk meminimalkan biaya energi tanpa mengganggu produksi dan kualitas, dan untuk meminimalkan dampak lingkungan. [33]

Tujuan lain yang diharapkan dari program manajemen energi adalah:

1. Meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi konsumsi energi, yang mana akan berdampak besar terhadap biaya yang dikeluarkan.
2. Mengurangi emisi gas rumah kaca dan meningkatkan kualitas udara.
3. Memperkuat komunikasi yang baik dengan pengelola energi.
4. Mengembangkan dan menjaga pengawasan yang efektif, pelaporan dan manajemen strategi untuk pemakaian energi secara bijak.
5. Menemukan langkah baru yang lebih baik untuk memperbesar tingkat pengembalian investasi melalui kegiatan penelitian dan pembangunan.
6. Meningkatkan ketertarikan dan mendedikasikan untuk program manajemen energi bagi semua karyawan.
7. Mengurangi dampak dari pembatasan, pengurangan ataupun gangguan lain dari penyediaan energi.





## 2.14 Konservasi Energi

### 2.14.1 Konservasi Energi Listrik Pada Industri

Konservasi energi listrik adalah pelestarian penggunaan energi listrik secara efisien tanpa mengurangi fungsi energi itu sendiri secara teknis namun memiliki tingkat ekonomi yang serendah - rendahnya guna melestarikan sumber daya energi serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya, melalui langkah – langkah penurunan berbagai kehilangan (*loss*) energi listrik pada semua taraf pengolahan, mulai dari pembangkit, pengiriman sampai dengan pemanfaatan. Banyak upaya – upaya yang dapat dilakukan dalam melakukan konservasi energi listrik, upaya tersebut dapat dilakukan baik dari sisi penyediaan listrik (*supply*) atau dari sisi kebutuhan daya listrik (*demand*). Dengan melakukan konservasi energi listrik, maka dapat dihasilkan penurunan konsumsi energi spesifik sekitar 7% - 13%.

Dalam Instruksi Presiden No. 9 tahun 1982 mengenai konservasi energi yang diperkuat dengan Keppres No. 43 tahun 1991 yang isinya merinci petunjuk langkah – langkah konservasi energi melalui kampanye penghematan energi, diklat konservasi, peragaan dan contoh peralatan penghemat energi, pengembangan sistem audit energi, identifikasi potensi peningkatan efisiensi dan standarisasi. Berdasarkan hasil survei yang telah dilakukan, diperoleh indikasi peluang penghematan energi disektor industri cukup besar, yaitu mencapai 10% sampai dengan 30%[35].

### 2.14.2 Kompleksitas Konservasi Energi Pada Industri

Peluang konservasi energi dapat ditemukan disemua kompleksitas atau proses dalam sebuah industri, fasilitas atau perusahaan. Pada umumnya, konservasi energi dapat ditemukan dengan melakukan indentifikasi pada: [36]

1. Pembangkit energi mengidentifikasi peluang efisiensi energi dalam peralatan atau fasilitas pengkonversi energi seperti pembangkit daya dan pembangkit uap dalam boiler.
2. Distribusi energi mengidentifikasi tentang peluang efisiensi distribusi energi seperti: trafo, kabel dan peningkatan faktor daya dalam sistem listrik dan *Chilled Water, Cooling Water, Hot Water* dan *Compressed Air*.

3. Energi yang digunakan dalam proses dimana potensi penghematan energi paling signifikan ditemukan dan kebanyakan potensi dari potensi ini masih bersembunyi baik dalam komponen peralatan atau gabungan dari beberapa peralatan yang terbentuk dari suatu sistem proses. Untuk mendapatkan potensi penghematan yang signifikan, analisa proses dapat digunakan untuk mengukur sistem secara terintegrasi.
4. Substitusi bahan bakar ini mengidentifikasi jenis bahan bakar yang tepat untuk konservasi energi yang efisien.

### 2.14.3 Analisa Konservasi Energi Listrik Pada Motor Listrik

Analisa konservasi energi listrik pada motor listrik dilakukan untuk mengetahui peluang - peluang yang mungkin dilakukan untuk menghemat penggunaan energi listrik pada motor listrik dengan melakukan perbandingan antara konsumsi energi yang digunakan dengan konsumsi energi yang dihasilkan. Energi listrik yang dihasilkan merupakan perhitungan konsumsi energi dengan memperbaiki sistem pengoperasian motor listrik yang digunakan yakni dengan memperhatikan perilaku beban pada motor listrik, hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah motor listrik sudah maksimal bekerja dalam sistem atau belum, sehingga dapat mengeluarkan suatu rekomendasi untuk membuat sistem dapat bekerja lebih efisien, efektif dan tepat guna.[29]

### 2.15 Identifikasi Hemat Energi Dalam Upaya Konservasi Energi.

Di dalam pelaksanaan hemat energi dalam upaya konservasi energi, identifikasi dilakukan dengan cara wawancara guna mengevaluasi penghematan energi yang telah dilakukan oleh industri. Hasil wawancara yang didapatkan sebagai pertimbangan dalam melakukan rekomendasi peluang penghematan energi. pencapaian yang didapatkan setelah melakukan identifikasi konservasi energi adalah:[29]

1. Menurunnya intensitas penggunaan energi di industri tersebut.
2. Meningkatkan peran serta industri dalam program konservasi energi.
3. Pengurangan ketergantungan terhadap bahan bakar minyak (BBM).
4. Pengurangan pencemaran yang dapat merusak kualitas lingkungan.



## 2.16 Pembaruan Teknologi Yang Sudah Ada (*Upgrade Teknologi*)

Pembaruan teknologi (*Upgrade Teknologi*) yang sudah ada dengan yang lebih hemat energi pada gedung yang sudah ada dapat menghemat lebih dari 7% biaya energi [27]. Dengan memilih peralatan yang lebih efisien, tagihan energi listrik pada suatu peralatan dapat ditekan. Oleh karenanya peralatan yang digunakan hendaknya sesuai standar yang ditetapkan pemerintah. Contoh IE1 adalah motor listrik yang tergolong standar efisien, sedangkan IE2 motor listrik yang tergolong *premium* efisien dan IE3 motor listrik yang tergolong *high* efisien/motor listrik yang paling efisien. Lembaga yang menjamin level efisiensi ini adalah CEMAP (*European Committee Of Manufacturers Of Electrical Machines And Power Electronics*), sebuah konsorsium di Eropa yang didirikan oleh pabrik-pabrik elektrik motor listrik yang ternama, dengan tujuan untuk menyelamatkan lingkungan dengan mengurangi pencemaran karbon secara global, karena banyak daya diborosan dalam pemakaian beban listrik. [31]

## 2.17 Aspek Ekonomi

### 2.17.1 Aspek Biaya

Pada bagian ini di gambarkan metodologi untuk mengestimasi biaya-biaya yang timbul untuk pengantian motor listrik pada PTPN V PKS Sei Rokan dengan metode *Upgrade Teknologi*.

#### Biaya Komponen Produksi

Biaya komponen produksi terdiri dari biaya investasi awal yang terdiri dari biaya seluruh komponen dan biaya pemasangan sistem hingga biaya pergantian alat selama sistem beroperasi. Seluruh total investasi dijumlahkan untuk mendapatkan biaya komponen produksi.

#### a. Biaya Investasi

Biaya investasi merupakan biaya yang dikeluarkan pada awal umur proyek secara keseluruhan. Barang-barang investasi akan habis dipakai jika umur ekonomis dari barang tersebut telah habis waktunya. Kegiatan investasi juga dapat dilakukan lagi jika umur ekonomis dari barang tertentu telah habis sedangkan pelaksanaan proyek belum berakhir, kegiatan ini disebut sebagai re-investasi peralatan. Biaya investasi terdiri dari biaya investasi mesin dan sistem operasi, biaya investasi konstruksi





pabrik dan transmisi listrik, biaya pra-investasi dan operasional yang terdiri dari biaya tetap dan biaya variabel.

b. Biaya Operasional O & M Tetap.

c. Biaya operasional O & M tetap adalah biaya yang timbul untuk gaji karyawan/pegawai, biaya administrasi, biaya manajemen dan lain-lain. Biaya operasional ini biasanya dikeluarkan secara rutin atau periodik dalam waktu tertentu dalam jumlah yang relatif sama.

d. Biaya O & M Variabel

Biaya O & M variabel adalah biaya perawatan diperuntukkan dalam rangka menjaga/menjamin *performance* kerja fasilitas atau peralatan agar selalu prima dan siap untuk dioperasikan. Sifat pengeluaran ini umumnya dibedakan menjadi dua, yaitu: biaya perawatan rutin/periodik (*preventive maintenance*), dan biaya perawatan insidental (kuratif)

## 2.17.2 Manfaat finansial

adalah suatu metode yang bertujuan untuk mengetahui konsumsi dan biaya pemakaian energi listrik serta peluang penghematan konsumsi dan biaya dari suatu peralatan energi listrik yang digunakan. Untuk menghitung biaya konsumsi energi listrik serta peluang penghematan biayanya diperlukan pengolahan data berupa analisis deskriptif, yaitu metode yang biasa digunakan untuk alat, teknik, atau prosedur yang digunakan untuk mendeskripsikan kumpulan data dan hasil pengamatan yang telah dilakukan pada objek penelitian. Manfaat finansial dilakukan melalui pendekatan *accounting based analysis* dengan menghitung jumlah konsumsi energi dalam satuan kWh. Berikut persamaannya :

$$\text{Konsumsi kWh per hari} = \Sigma \text{watt} \times \text{jam penggunaan per hari} / 1000 \quad (2.9)$$

$$\text{Konsumsi energi perbulan} = \text{Total konsumsi energi perhari} \times 30 \text{ hari}$$

Keterangan:

$\Sigma$  watt : Total daya yang digunakan peralatan listrik

Setelah menghitung total konsumsi energi, selanjutnya dilakukan perhitungan biaya pemakaian listrik perbulan. Adapun rumus yang digunakan yaitu total konsumsi energi perbulan dikali biaya tarif dasar listrik (TDL). Biaya listrik perbulan x TDL (2.10)



## 2.18. Aspek Kelayakan Ekonomi

### 2.18.1 Payback Period

*Payback Period* adalah lama waktu yang dibutuhkan untuk pengembalian modal atau investasi awal saat proyek dibangun. *Payback Period* dapat dicari dengan menghitung nilai pemasukan selama proyek bekerja dan dengan menghitung nilai bersih sekarang. Dalam *payback period* ini rencana investasi dikatakan layak (*feasible*) jika  $k \leq n$  dan sebaliknya, (dimana  $k$  adalah jumlah periode pengembalian, dan  $n$  adalah umur investasi). Dihitung dengan persamaan berikut [39]:

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{investasi}}{\text{Benefit} - \text{Biaya perawatan}} \quad (2.11)$$

- Periode pengembalian lebih cepat : Layak
- Periode pengembalian lebih lama : Tidak layak

#### 1. Kelebihan Payback Period

Metode *Payback Period* akan dengan mudah dan sederhana bisa dihitung untuk menentukan lamanya waktu untuk pengembalian dana investasi. Bisa digunakan sebagai alat pertimbangan resiko karena semakin pendek *payback period*nya maka semakin pendek pula resiko kerugiannya. Dapat digunakan untuk membandingkan 2 proyek yang memiliki resiko dan *rate of return* yang sama dengan cara melihat jangka waktu pengembalian investasi (*payback period*) apabila *payback period*nya lebih pendek itulah yang dipilih[39].

#### 2. Kekurangan Payback Period

Metode ini mengabaikan penerimaan-penerimaan investasi atau proceeds yang diperoleh sesudah *payback period* tercapai. Metode ini juga mengabaikan *time value of money* (nilai waktu uang). *Payback period* digunakan untuk mengukur kecepatan kembalinya dana, dan tidak mengukur keuntungan proyek pembangunan yang telah direncanakan[39].

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kualitatif dan kuantitatif. Karena pendekatan kualitatif diperlukan untuk menganalisa seberapa besar pengaruh pemborosan dan tidak efisiensi motor listrik yang digunakan, agar dapat dilakukannya upgrade yang bertujuan untuk motor listrik yang digunakan lebih efisien. Data yang dihasilkan dari pendekatan kualitatif ini adalah data deskriptif yang berupa kata-kata tertulis berdasarkan hasil pengamatan serta dari hasil wawancara seperti penggunaan jumlah listrik pada pabrik dan perumahan, jumlah motor listrik, alat-alat listrik yang digunakan, serta biaya tambahan untuk membantu pasokan listrik.[19]

Sedangkan pendekatan kuantitatif digunakan adalah penghitungan data-data pemakaian energi listrik, perhitungan penggunaan energi motor listrik, mesin produksi dan perhitungan biaya untuk menghemat energy listrik. Data yang telah didapat setelah turun langsung ke lokasi penelitian akan menjadi acuan untuk menganalisa seberapa besar pengaruh pemborosan serta upaya konservasi energi.[19]

Setelah mendapatkan data-data yang dibutuhkan, selanjutnya yang dilakukan adalah menganalisa penggunaan energi pada peralatan listrik dan motor listrik, upaya konservasi energi dengan menggunakan kajian Audit Energi, Intensitas Konsumsi Energi (IKE), Konservasi Energi, dan analisa biaya untuk pengembalian modal dengan menggunakan *payback period*. [19]

#### 3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di PT. Perkebunan Nusantara V PKS Sei Rokan, Rokan Hulu, Ujung Batu, Riau dengan beberapa alasan:

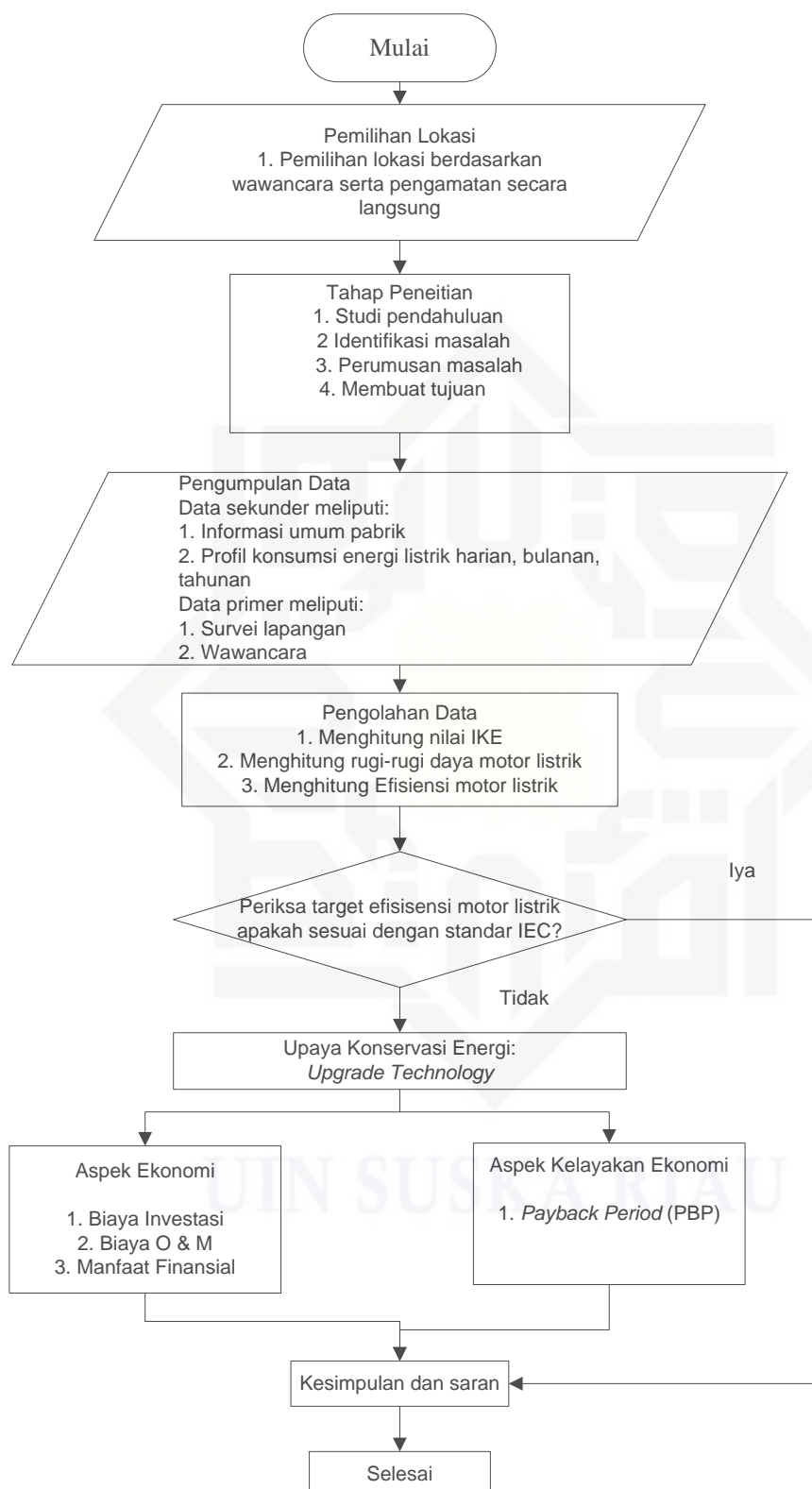
1. Karena jumlah produksi TBS di PKS Sei Rokan paling tinggi diantara 12 PKS di PT. Perkebunan Nusantara V lainnya.
2. Belum ada *Upgrading* pada peralatan listrik di pabrik PKS Sei Rokan sejak tahun 1984.



### 3.3 Alur Penelitian

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.1 Alur Penelitian

### 3.4 Tahap Penelitian

#### 3.4.1 Studi Pendahuluan

Pada tahapan ini dilakukan pengamatan sebagai pendahuluan sebelum mengidentifikasi masalah yang akan diteliti. Ini bertujuan untuk mempermudah peneliti dalam menemukan permasalahan yang ada pada saat penelitian. Data yang diambil pada studi pendahuluan berdasarkan hasil wawancara dan pengamatan langsung di PT. Perkebunan Nusantara V PKS Sei Rokan. Berikut adalah hasil yang didapat dalam studi pendahuluan:

1. PT.Perkebunan Nusantara V PKS Sei Rokan rata-rata memproduksi 60 ton tbs/jam.
2. Biaya penggunaan listrik pada pabrik tahun 2017 Rp.2.646.047.083 dan pada tahun 2018 naik menjadi Rp.3.132.858.255 dan biaya pembelian bahan bakar Generator Set (Genset) pada tahun 2017 adalah Rp 554.558.750 dan pada tahun 2018 adalah Rp.866.108.074.
3. Secara keseluruhan jumlah motor listrik yang digunakan adalah 153 motor listrik.

#### 3.4.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan studi pendahuluan yang telah dilakukan, dapat diidentifikasi bahwa kurang efisiennya penggunaan motor listrik yang ada pada pabrik dan motor listrik yang digunakan sudah tidak sesuai standar *NEMA* dan *IEC*.

#### 3.4.3 Perumusan Masalah

Berdasarkan pengamatan di lokasi penelitian, maka didapatkan perumusan masalah yang akan dianalisa. Pada penelitian ini rumusan masalahnya adalah apa saja cara untuk menghemat energi listrik pada industri khususnya pada penggunaan motor listrik.

#### 3.4.4 Membuat Tujuan

Pada sebuah penelitian, tujuan sangat perlu ditetapkan agar pembahasan pada suatu penelitian tersebut mempunyai arah dan fokus pada apa yang diinginkan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan cara-cara melakukan penghematan energi khususnya pada motor listrik agar lebih efisien dan sesuai dengan standar.

### 3.5 Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data ini adalah salah satu langkah awal dalam melakukan studi pendahuluan. Data yang diperoleh terbagi menjadi 2 bagian yaitu data primer dan data sekunder.

#### 3.5.1 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang dikumpulkan melalui perantara media seperti buku, karya ilmiah dan riwayat penggunaan energi listrik.

#### 3.5.2 Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari tempat penelitian, seperti melakukan wawancara dengan pihak asisten teknik dipabrik kelapa sawit PTPN V PKS Sei Rokan, melakukan pengukuran langsung pada motor listrik.

Tabel 3.1. Motor Listrik 3 Fasa Di Stasiun Screw Press [30]

screw press	Merek Motor Listrik	Type	Kw	V	A	Rpm	Cos $\phi$	Hz	Bagian
1	TACO	H7166726 045	45	380	87.2	1475	0,86	50	Press
	ELEKTRIM	YE2 225M-4	45	380	83.2	1480	0,86	50	Digester
	REXTON	RE2-100L1-4	2,2	380	5,09	1430	0,81	50	Hidrolik
2	ELEKTRIM	YE2 225M-4	45	380	83,2	1480	0,86	50	Press
	ELEKTRIM	YE2 225M-4	45	380	83,2	1480	0,86	50	Digester
	REXTON	RY2-100L1-4	2,2	380	5,09	1430	0,81	50	Hidrolik
3	ELEKTRIM	YE2 225M-4	45	380	83,2	1480	0,86	50	Press
	TACO	Q719B652017	45	380	87,2	1475	0,86	50	Digester
	ELEKTRIM	EM100L-4	2,2	380	4,96	1410	0,80	50	Hidrolik
4	ELEKTRIM	YE2 225M-4	45	380	83,2	1480	0,86	50	Press
	TACO	Q719B652017	45	380	87,2	1475	0,86	50	Digester
	ELEKTRIM	EM100L-4	2,2	380	4,96	1410	0,80	50	Hidrolik
Konveyor	WESTERN	1D-160M1-2	11	380	21,3	1459	0,84	50	

### 3.6. Pengolahan Data

#### 3.6.1 Menghitung jumlah IKE

IKE merupakan suatu parameter utama dalam audit energi sebelum melakukan konservasi energi dan untuk menentukan besaran konsumsi energi pada motor listrik.





Dengan besaran nilai IKE dapat dikembangkan menjadi sebuah rekomendasi agar penggunaan energi dapat ditekan. Merujuk pada rumus 2.8.

### 3.6.2 Menghitung Rugi-rugi Daya Motor Listrik

Bertujuan untuk mengetahui seberapa besar rugi-rugi daya yang hilang pada motor listrik tiga phasa. Keadaan ideal dalam sistem konversi energi, yaitu: mempunyai daya output tepat sama dengan daya input yang dapat dikatakan efisiensi 100%. total daya yang diterima akan sama dengan daya yang diberikan. Merujuk pada rumus 2.6.

### 3.6.3 Menghitung Efisiensi Motor Listrik

Bertujuan untuk mengetahui apakah motor listrik tersebut boros atau tidaknya, dan apakah motor listrik yang digunakan sudah sesuai dengan standar IEC agar dapat menjadi tolak ukur apakah motor listrik tersebut penggunaannya telah memenuhi standar atau tidak. Merujuk pada rumus 2.7.

### 3.7 Periksa Target Efisiensi

Proses ini dilakukan untuk mengetahui apakah motor listrik tergolong efisien atau tidak, jika tergolong dalam efisien maka penelitian tidak dilanjutkan dan apabila penelitian menunjukkan motor listrik tidak efisien maka perlu dilakukan proses konservasi agar dapat mengetahui potensi dari penghematan dan biaya yang akan dikeluarkan untuk investasi dalam penelitian ini.

### 3.8 Melakukan Konservasi Energi

Dengan adanya upaya konservasi energi listrik pada lokasi penelitian ini diharapkan penggunaan energi dapat digunakan seefisien mungkin sehingga bisa dapat menghemat biaya yang akan digunakan untuk membayar listrik.

#### 3.8.1 *Upgrade Technology*

Dengan melakukan *Upgrade Technology* performa penghematan energi dapat lebih ditingkatkan, karena pada proses ini berbagai peralatan listrik yang mengonsumsi energi cukup besar akan dialihkan ke peralatan listrik yang lebih efisien dan bersifat hemat energi, yaitu mengganti motor listrik yang tidak efisien dengan yang lebih efisien. Yaitu dengan mengganti motor - motor listrik yang baru dengan standar IEC yang sudah ditetapkan.



### 3.9 Aspek Ekonomi

#### 3.9.1 Biaya Investasi

Biaya investasi merupakan biaya yang dikeluarkan pada awal umur proyek secara keseluruhan. Barang-barang investasi akan habis dipakai jika umur ekonomis dari barang tersebut telah habis waktunya. Proses ini harus dilakukan agar dapat mengetahui berapa besar modal yang akan dikeluarkan karena dengan mengetahui modal yang dikeluarkan dapat menghitung pengembalian modalnya.

#### 3.9.2 Biaya Operasional O & M

Biaya O & M adalah biaya yang harus dikeluarkan untuk operasional dan perbaikan motor listrik selama hidupnya. Agar tau berapa biaya yang harus dikeluarkan untuk O&M. Dengan mengetahui berapa jumlah biaya yang harus dikeluarkan memudahkan dalam penyusunan pengembalian modal seluruhnya untuk investasi dengan cara upgrade motor listrik dalam penelitian ini.

#### 3.9.3 Manfaat finansial

Untuk dapat melakukan analisa finansial maka diperlukan beberapa perhitungan untuk mendapatkan potensi penghematan, harus mengetahui terdahulu berapa besar daya yang dapat dihemat setelah itu melakukan analisa penghematan dalam bentuk rupiah. Beberapa perhitungan dari analisa finansial tersebut merujuk pada rumus 2.9.

#### 4.9.4 Biaya Pemakaian Listrik Perbulan Motor listrik Yang Lama

Untuk dapat melakukan analisa menentukan biaya pemakaian dalam sebulan Sehingga dapat di ketahui bera besar biaya yang dapat dihemat nantinya

### 3.10. Aspek Kelayakan Eonomi

#### 3.10.1 *Payback Period*

Cara untuk mendapatkan *Payback Period* dari investasi yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah dengan cara menghitung investasi yang akan dilakukan dan berapa lama waktu dari investasi tersebut dapat kembali sehingga keuntungan dapat dicapai dengan waktu yang cukup singkat. Dari hasil analisis *payback period* ini nantinya alternatif yang akan dipilih adalah alternatif dengan p eriode pengembalian lebih singkat. Rumus untuk menghitung *payback period*, merujuk pada rumus 2.10.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah didapatkan, bahwa nilai IKE di PTPN PKS Sei Rokan dengan nilai 6,67 kwh/ton dan jumlah produksi 60 ton/jam tergolong boros jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya di PT. Tunggal Perkasa Plantation dengan jumlah produksi yang sama yaitu sebesar 60 ton/jam dan jumlah nilai IKE yaitu sebesar 5,56 kWh/ton.
2. Rata- rata penggunaan motor listrik pada stasiun *screw press* yang telah didapatkan dari hasil perhitungan nilai kWh pertahun sebesar 295.759 kw , jumlah ini bias meningkat bila dilihat dari jam oprasionalnya jika sering terjadi perbaikan pada motor listrik membuat pengolahan berhenti maka penggunaannya listrik juga semakin sedikit. Motor listrik yang digunakan dalam penelitian ini adalah motor listrik dengan Spesifikasi 45 kw, 2.2 kw dan 11 kw yang berfungsi untuk memutar alat *screw press*.
3. Dari 13 motor listrik hanya 8 motor listrik yang efisiensinya sesuai standar IEC, lalu 5 motor lagi sudah menurun dan tidak sesuai standar yang sudah di tetapkan. Setelah melakukan upgrade teknologi dengan motor listrik baru didapatkan nila efisiensi yang lebih tinggi, untu motor dengan daya 45 kw rata-rata sebesar 92,7 %. Dengan motor listrik jenis SIEMENS motor 3 phase. Dan untu 2.2 kw rata-rata efisiensi yang didapat sebesar 87.3% dengan merek motor listrik SIEMENS.
4. Manfaat dari penghematan ini sebesar Rp. 68.912.640 dengan pengembalian modal selama 0,89 tahunda dan listrik yang dapat di hemat sebesar 5.760 kWh / bulan. Dari hasil ini penelitan dengan melakukan upgrade motor listrik layak untuk dilakukan agar proses produksi tetap stabil dalam segi pengeluaran biaya dengan hasil pengolahan.
5. Listrik yang dihemat bisa digukan untuk kebutuhan lain seperti penggunaan lapu jalan, perumahan atau penambahan mesin *screw press*, dan bisa menjualnya ke pihak lain.



## 5.2 Saran

Untuk perbaikan motor listrik sebaiknya dilakukan dengan OSP yang benar agar motor listrik lebih terawat lagi, untuk mendapatkan penghematan yang lebih baik bisa melakukan konservasi seluruh stasiun agar terlihat berapa banyak motor listrik yang sudah mengalami penurunan efisiensi. Di bagian perumahan dan kantor harus dikonservasi dan melalui upgrade ke peralatan yang lebih hemat energi seperti AC dengan Freon terbaru dan lampu LED yang sudah hemat energi.

1. Dilakukan pengutipan atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





## DAFTAR PUSTAKA

- [1] [BPPT] (2018) *Outlook Energi Indonesia 2018*, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta. Dari [www.bppt.go.id](http://www.bppt.go.id) (diakses 30 Agustus 2019)
- [2] Imam Kholiq. “Pemanfaatan Energi Alternatif Sebagai Energi Terbarukan Untuk Mendukung substitusi BBM”, Jurnal IPTEK, Vol 19, No 2. Desember 2015.
- [3] *Handbook Ofenergy And Economic statistics of Indonesia 2018*. Dari: [www.esdm.go.id](http://www.esdm.go.id) (diakses 30 Agustus 2019)
- [4] [Bappenas] Jumlah Penduduk Di Indonesia Tahun 2018. Jakarta (ID): Kementrian Perencanaan Pembangunan Nasional.
- [5] Intruksi Presiden NO. 9 Tahun 1982 Tentang *Konservasi Energi*.
- [6] Peraturan Presiden Reppublik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 Tentang Kebijakan Energi Nasional.
- [7] Indonesia Investments, 2017. Minyak Kelapa Sawit. <http://www.indonesiainvestments.com>. (diakses 11 september 2018).
- [8] PTPN, 2013, Perusahaan Perkebunan Nusantara Di Sumatra Utara. <http://www.ptpn.com> (diakses 13 oktober 2018).
- [9] PTPN, 2013. Unit Kerja dan Lokasi. <https://ptpn5.com> (diakses 09 agustus 2018).
- [10] PTPN, 2013. Pengolahan 12 PKS PTPN. <https://ptpn5.co.id> (diakses 9 januari 2019).
- [11] Buku Laporan Pengelolaan Dan Pemantauan Lingkungan PTPN V Sei Rokan. 2018. Di tulis oleh: sulis
- [12] Buku Laporan Alokasi Rekening listrik PTPN V Sei Rokan. 2017. Di tulis oleh: sulis
- [13] Buku Laporan Alokasi Rekening listrik PTPN V Sei Rokan. 2018. Di tulis oleh: sulis
- [14] Yusnan Badruzzaman. “Pengasutan Konvensional Motor Induksi Tiga Fasa Rotor Sangkar Tupai”, Volume 1, No 1. April 2015.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



- [15] Didit Very Kuswoyo. 2016. *"Sistem Proteksi Motor Induksi 3 Fasa Dari Gangguan Tidak Seimbang Dan Temperatur Lebih Menggunakan Mikrokontroller"* Bandar Lampung
- [16] Agung Wahyudi Biantoro dkk *"Analisis Audit Energi Untuk Pencapaian Efisiensi Energidi Gedung Ab"* Kabupaten Tangerang, Banten. Jurnal Teknik Mesin. vol. 06, Edisi Spesial 2017.
- [17] Budi Agung dkk. *"Studi Analisis Konsumsi dan Penghematan Energi di PT. P.G. Krebet Baru I"*. Jurnal Teknosain, Volume 2, No 1. 2014.
- [18] Valdo Siombing dkk *"Analisis Perhitungan Ekonomi dan Potensi Penghematan Energi Listrik pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap di Pabrik Kelapa Sawit PT. X"* Jurnal Reka Elkomika, Volume 2, No 2. April 2014.
- [19] Teguh Yuliardi Putra. 2017. *"Analisis Peluang Penghematan dan Konservasi energi pada Gedung Perpustakaan Soeman H.S Pekanbaru"*. Tugas Akhir Teknik Elektro UIN Suska Riau.
- [20] Zulkhendri. 2018 *"Peluang Penghematan Energi Pada Motor Listrik Dalam Upaya Konservasi Energidi PT. Tunggal Perkasa Plantation"*. Tugas Akhir Teknik Elektro UIN Suska Riau.
- [21] Abdul Kadir. 2014, *"Energi Sumber Daya, Inovasi, Tenaga Listrik, dan Potensi Ekonomi"* Jakarta: Universitas Indonesia.
- [22] Zakky, 2019. Pengertian energi. <https://www.zonareferensi.com> (diakses 25 agustus 2019).
- [23] [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2000. *Prosedur Audit Energi pada Bangunan Gedung, Konservasi Energi Sistem Pencahayaan Bangunan Gedung* (SNI 03-6196-2000, SNI 03-6090-2000, SNI 03-6197-2000). Jakarta (ID): Departemen Pendidikan Nasional.
- [24] *Peraturan Audit Energi*. [www.esdm.go.id](http://www.esdm.go.id) ( diakses 5 Maret 2019)
- [25] Sutrisno, Henny dkk. 2017. *Motor Listrik Arus Bolak-balik*. Klaten: Saka Mitra Kopetensi.
- [26] R. A. Ghazali, 2011. *"Metode Menghitung Efisiensi Motor Induksi Yang Sedang Beroperasi"*. Jakarta: Universitas Indonesia.



- [27] Subhan Ramadhani. 2010. *"Analisa Konservasi Energi Listrik Pada Industri Tekstil"*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- [28] A. Widodo, N. Sinaga dan M. Muchlis, 2015. *"Analisis Penurunan Efisiensi Motor Listrik Akibat Cacat Pada Bantalan"*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [29] Kementrian Perindustrian, Pedoman Teknis Audit Energi Dalam Implementasi Konservasi Energi Dan Pengurangan Emisi CO2 Di Sektor Industri (Fase 1). Jakarta Selatan, 2011. <http://www.kemenperin.go.id>.
- [30] A. T. De Almeida, F. J. T. E. Ferreiera, J A. C. Fong, C. U. Brunner. *"Elektrik Motor Standards Efficiency"* University Of London, U. K, 2001.
- [31] A. De Almeida, *"Barrirs Against Energy-Efficient Motor Repair"* University Of Coibra, 1999.
- [32] Peraturan Pemerintah No. 70. 2009 " PP Republik Indonesia Tentang Konservasi Energi ". Jakarta, 2009.
- [33] Peraturan Mentri ESDM No. 14. 2012 " Manajemen Energi " Jakarta. 2012.
- [34] F. H. Jufri, 2007. *"Konservasi Energi Listrik Dengan Meningkatkan Efisiensi Dan Kualitas Daya Listrik "*. Jakarta. Universitas Indonesia.
- [35] Ajen Mukarom dkk. *"Manajemen Konservasi Energi Listrik Melalui Pendekatan Financial Assessment pada PT.XYZ"*, Widyariset, Volume 17, No 1, April 2014
- [36] Kementrian Perindustrian " Peluang Dan Tantangan Konservasi Energi Di Sektor Industri ". Jakarta, 2012.
- [37] Ajen Mukarom dkk. *"Manajemen Konservasi Energi Listrik Melalui Pendekatan Financial Assessment pada PT.XYZ"*, Widyariset, Volume 17, No 1, April 2014.
- [38] S. Munawir. 1998. *Analisa Laporan Keuangan*. Yogyakarta: Liberty.
- [39] Bastian, Indra dan Suhardjono., 2006. *Akuntansi Perbankan*, Salemba Empat, Jakarta.
- [40] Giatman, M. 2006. *Ekonomi Teknik*. Grafindo Persada Vol. 18 Hal. 212
- [41] Agus Raikhani. *"Studi Pengaruh Pembebanan Pada Motor Dc Penguatan Shunt Terhadap Arus Stator"*. Jombang. Universitas Darul 'Ulum. edisi 1 Vol. 1/2015 ISSN. 2442-3238



- [42] Dina Fitria Dkk. "Inverter Motor Pompa Padapdam Tirta Musi Palembang" Jurnal Desiminasi Teknologi, Volume 3, No. 1, Januari 2015.
- [43] Izura, 2011. *Ac Motor stater*. <https://etpmm.wordpress.com>. (diakses 20 agustus 2019).
- [44] Noorly Evalina Dkk."Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Programmable Logic Controller" Medan. Journal of Electrical Technology, Vol. 3, No. 2, Juni 2018.
- [45] Anggra s.s, 2013. *Cost and Benefit Analysis*.
- [46] Kadariah, 1999. *Pengantar Evaluasi Proyek*. Jakarta : Lembaga Ekonomi Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia
- [47] Indra Alaya DKK."Evaluasi Comparison Test Pada *Winding* Motor Induksi Tiga Fasa 3300 V " Jurnal Rekayasa Sriwijaya, Vol. 19, No. 1, Maret 2014
- [48] R. Cahyadi DKK." Perancangan Alat Bantu Penangkap Ikan (Fishing Deck Machinery) Untuk Peningkatan Produktifitas Nelayan" Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta. November 2017.
- [49] (2006). *Pedoman Pengelolaan Limbah Industri Kelapa Sawit*. Direktorat Pengolahan Hasil Pertanian Ditjen PPHP, Departemen Pertanian. Jakarta
- [50] M. Zaky Zaim Muhtadi. 2015. "*Peluang Penghematan Energi Listrik Sistem Tata Udara*", Jurnal ESDM, Vol 7 No. 2, November 2015.
- [51] (2006). *Pedoman Pengelolaan Limbah Industri Kelapa Sawit*. Direktorat Pengolahan Hasil Pertanian Ditjen PPHP, Departemen Pertanian. Jakarta
- [52] Ridwan . 2016. Mesin Press Kelapa Sawit [www.mesinpks.com](http://www.mesinpks.com) (diakses 30 oktober 2020).
- [53] *Datasheet for three phase Squirrel Cage Motors\_motor* SIEMENS (diakses 1 januari 2021)
- [54] Hendra Marta Yudha 2020. Buku Ajar Penggunaan Motor Listrik. Pantera Publishing



## LAMPIRAN A

### STUDI PENDAHULUAN

#### Kata Pengantar

Pertama saya mengucapkan terimakasih kepada pihak PTPN V PKS Sei Rokan yaitu staff teknisi, kaur keuangan dan pihak pihak yang terlibat atas kesediaannya menjadi pembicara dalam sesi wawancara untuk keperluan studi pendahuluan ini, yang berguna sebagai data- data awal penulis dalam mengidentifikasi permasalahan yang terdapat pada PTPN V PKS Sei Rokan dengan melakukan evaluasi serta memberikan solusi agar upaya untuk mengurangi pemakaian listrik dapat dilakukan dengan cara melakukan suatu penghematan dan upaya konservasi energi pada PTPN V PKS Sei Rokan.

Selain itu wawancara ini dilakukan agar mendukung proses penyusunan Tugas Akhir yang sedang dilakukan penulis pada program S1 Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Syarif Kasim Riau. Sehingga informasi yang didapatkan penulis benar adanya.

Demikianlah Pengantar pada Studi Pendahuluan ini, atas partisipasi Bapak dalam menjawab pertanyaan yang diajukan penulis pada wawancara ini saya ucapkan terimakasih.

Mengetahui

Bustami Siin  
Kepala teknisi listrik  
PTPN V PKS Sei Rokan

Hormat Saya

Ari Suhada  
Mahasiswa Teknik Elektro  
Uin Suska Riau



No	Pertanyaan	Jawaban
1.	Berapa jumlah produksi dalam satu jam?	60 ton/jam
2.	Berapa jumlah boiler yang digunakan?	Disini terdapat 3 boiler, tetapi yang aktif hanya 2 turbin, karena 1 boiler mengalami kebocoran pada pipa-pipa yang ada didalam boiler.
3.	Berapa jumlah turbin yang ada dipabrik?	Ada 4 turbin tetapi yang aktif hanya 3 turbin saja karena 1 turbin mengalami kerusakan pada kipas turbin, dan yang digukan hanya 1 turbin berkapasitas 1500 kva'
4.	Bagai mana kondisi pabrik saat ini?	Kondisi saat ini pabrik lagi mengalami pemborosan dalam pengeluaran pembangkitan listrik.
5.	Apakah motor-motor listrik sudah pernah diperbarui dengan jenis yang baru?	Belum ada upaya untuk penggantian motor listrik jenis baru, motor listrik disini sudah beroperasi cukup lama, sejak awal pabrik ini beroperasi.
6.	Masalah apa saja yang terjadi pada proses pengolahan?	Malah yang sering terjadi karena motor listrik yang terbakar, hampir setiap hari ada motor yang terbakar. Ada juga peralatan yang rusak atau patah dalam beroperasi.
7.	Apa saja masalah pada motor listrik?	Jika kelebihan beban, kumparan motor listrik bisa terbakar, dan arus juga tidak stabil bisa mengakibatkan motor listrik menjadi rusak.
8.	Apakah perlu melakukan pengantian motor	Perlu, tetapi sejauh ini belum ada



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

listrik dengan jenis baru agar motor listrik bisa beroperasi dengan baik?

yang meneliti tentang hal itu. Karena motor listrik yang sudah diperbaiki pada kumparan bisa kebakar kembali, dan pada rangka motor listrik sudah banyak yang rusak akibat penggulangan ulang. Dibagian bering sudah banyak yang oblok atau goyang, itu bisa membuat putaran motor tidak stabil dan membuat mesin jadi cepat terbakar. Hal ini membuat motor tidak efisien dan boros.



## LAMPIRAN B STUDI PENDAHULUAN

### DATA ALOKASI PTPN V SEI ROKAN

Jumlah Produksi 2017		Jumlah Produksi 2018		Selisih Dari Tahun 2017 Dan 2018
Produksi	287.560.280 Ton	Produksi	284,168,610 Ton	3.391.670 Ton
Jumlah Pemakaian Listrik Pada PLTU Tahun 2017	3.446.219 KWH	Jumlah Pemakaian Listrik Pada PLTU Tahun 2018	4.867.843 KWH	1.421.624 KWH
Jumlah Biaya Yang Dikeluarkan	Rp.3.933.458.607	Jumlah Biaya Yang Dikeluarkan	Rp.4.494.450.728	Rp.560.992.121
Jumlah Pemakaian Listrik Pada PLTD Tahun 2017	103.230 KWH	Jumlah Pemakaian Listrik Pada PLTD Tahun 20178	73.823 KWH	
Jumlah Biaya Yang Dikeluarkan	Rp.554.558.750	Jumlah Biaya Yang Dikeluarkan	Rp. 866.108.074	Rp.311.549.324





## LAMPIRAN C STUDI PENDAHULUAN

### DATA PENGUNAAN PADA BEBAN LISTRIK

Pemakaian Listrik Pada Pengelolaan Tahun 2017		Pemakaian Listrik Pada Pengelolaan Tahun 2018		Selisih Dari Tahun 2017 Dan 2018
Jumlah Pemakaian Listrik	2.419.195 KWH	Jumlah Pemakaian Listrik	3.457.805 kwh	1.038.610 KWH
Jumlah Biaya Yang Dikeluarkan	Rp.2.646.047.083	Jumlah Biaya Yang Dikeluarkan	Rp.3.132.858.255	Rp.486.811.172
Pemakaian Listrik Pada Perumahan Dan Kaantor Tahun 2017		Pemakaian Listrik Pada Perumahan Dan Kaantor Tahun 2018		Selisih Dari Tahun 2017 Dan 2018
Jumlah Pemakaian Listrik	189.541 KWH	Jumlah Pemakaian Listrik	464.131 KWH	274.590 KWH
Jumlah Biaya Yang Dikeluarkan	Rp.210.687.583	Jumlah Biaya Yang Dikeluarkan	Rp.436.663.940	Rp.225.976357

## Lampiran D

### Data Perhitungan Dari Name Plat

#### 1. *Screw Press 1*

##### • **Motor Press Taco 45 KW**

Rumus untuk menghitung daya input (P1) motor listrik induksi :

$$\begin{aligned} P_{in} &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi \\ &= 1.73 \times 380 \times 87.2 \times 0.86 \\ &= 49.299 \text{ kW} \end{aligned}$$

Jadi daya input (P1) sebesar : 49.299 kW

Sehingga rugi – rugi daya pada motor listrik adalah : P1 – P2

$$\begin{aligned} \text{Rugi} - \text{rugi daya} &= P1 - P2 \\ &= 49.299 \text{ kW} - 45 \text{ kW} \\ &= 4.299 \text{ kW} \end{aligned}$$

Setelah melakukan perhitungan P1 dan rugi-rugi daya, selanjutnya melakukan perhitungan efesiensi untuk mengetahui seberapa besar nilai efesiensi yang bisa didapatkan pada motor listrik Taco 45 kw

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi } (\eta) &= (P2 / P1) \times 100\% \\ &= (45 / 49.299) \times 100\% \\ &= 91 \% \end{aligned}$$

##### • **Motor Digester Elektrik 45 KW**

Rumus untuk menghitung daya input (P1) motor listrik induksi :

$$\begin{aligned} P_{in} &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi \\ &= 1.73 \times 380 \times 83.2 \times 0.86 \\ &= 47.038 \text{ kW} \end{aligned}$$

Jadi daya input (P1) sebesar : 47.038 kW

Sehingga rugi – rugi daya pada motor listrik adalah : P1 – P2

$$\begin{aligned} \text{Rugi} - \text{rugi daya} &= P1 - P2 \\ &= 47.038 \text{ kW} - 45 \text{ kW} \\ &= 2.038 \text{ kW} \end{aligned}$$

Setelah melakukan perhitungan P1 dan rugi-rugi daya, selanjutnya melakukan perhitungan efesiensi untuk mengetahui seberapa besar nilai efesiensi yang bisa didapatkan pada motor listrik Elektrim 45 kw

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi } (\eta) &= (P_2 / P_1) \times 100\% \\ &= (45 / 47.038) \times 100\% \\ &= 95 \%\end{aligned}$$

#### • Motor Hidrolik Rexton 2,2 KW

Rumus untuk menghitung daya input (P1) motor listrik induksi :

$$\begin{aligned}P_{in} &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi \\ &= 1.73 \times 380 \times 5.09 \times 0.81 \\ &= 2,710 \text{ kW}\end{aligned}$$

Jadi daya input (P1) sebesar : 2,710 kW

Sehingga rugi – rugi daya pada motor listrik adalah : P1 – P2

$$\begin{aligned}\text{Rugi – rugi daya} &= P_1 - P_2 \\ &= 2,710 \text{ kW} - 2.2 \text{ kW} \\ &= 0.51 \text{ kW}\end{aligned}$$

Setelah melakukan perhitungan P1 dan rugi-rugi daya, selanjutnya melakukan perhitungan efesiensi untuk mengetahui seberapa besar nilai efesiensi yang bisa didapatkan pada motor listrik Rexton 2.2 kw

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi } (\eta) &= (P_2 / P_1) \times 100\% \\ &= (2.2 / 2,710) \times 100\% \\ &= 81 \%\end{aligned}$$

## 2. Screw Press 2

#### • Motor Press Elektrim 45 KW

Rumus untuk menghitung daya input (P1) motor listrik induksi :

$$\begin{aligned}P_{in} &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi \\ &= 1.73 \times 380 \times 83.2 \times 0.86 \\ &= 47.038 \text{ kW}\end{aligned}$$

Jadi daya input (P1) sebesar : 47.038 kW

Sehingga rugi – rugi daya pada motor listrik adalah : P1 – P2

$$\begin{aligned}\text{Rugi – rugi daya} &= P1 - P2 \\ &= 47.038 \text{ kW} - 45 \text{ kW} \\ &= 2.038 \text{ kW}\end{aligned}$$

Setelah melakukan perhitungan P1 dan rugi-rugi daya, selanjutnya melakukan perhitungan efesiensi untuk mengetahui seberapa besar nilai efesiensi yang bisa didapatkan pada motor listrik Elektrim 45 kw

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi } (\eta) &= (P2 / P1) \times 100\% \\ &= (45 / 47.038) \times 100\% \\ &= 95 \%\end{aligned}$$

- **Motor Digester Elektrim 45 KW**

Rumus untuk menghitung daya input (P1) motor listrik induksi :

$$\begin{aligned}P_{in} &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\varphi \\ &= 1.73 \times 380 \times 83.2 \times 0.86 \\ &= 47.038 \text{ kW}\end{aligned}$$

Jadi daya input (P1) sebesar : 47.038 kW

Sehingga rugi – rugi daya pada motor listrik adalah : P1 – P2

$$\begin{aligned}\text{Rugi – rugi daya} &= P1 - P2 \\ &= 47.038 \text{ kW} - 45 \text{ kW} \\ &= 2.038 \text{ kW}\end{aligned}$$

Setelah melakukan perhitungan P1 dan rugi-rugi daya, selanjutnya melakukan perhitungan efesiensi untuk mengetahui seberapa besar nilai efesiensi yang bisa didapatkan pada motor listrik Elektrim 45 kw

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi } (\eta) &= (P2 / P1) \times 100\% \\ &= (45 / 47.038) \times 100\% \\ &= 95 \%\end{aligned}$$



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

### • Motor Hidrolik Rexton 2,2 KW

Rumus untuk menghitung daya input (P1) motor listrik induksi :

$$\begin{aligned} P_{in} &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi \\ &= 1.73 \times 380 \times 5.09 \times 0.81 \\ &= 2,710 \text{ kW} \end{aligned}$$

Jadi daya input (P1) sebesar : 2,710 kW

Sehingga rugi – rugi daya pada motor listrik adalah : P1 – P2

$$\begin{aligned} \text{Rugi – rugi daya} &= P1 - P2 \\ &= 2,710 \text{ kW} - 2.2 \text{ kW} \\ &= 0.51 \text{ kW} \end{aligned}$$

Setelah melakukan perhitungan P1 dan rugi-rugi daya, selanjutnya melakukan perhitungan efesiensi untuk mengetahui seberapa besar nilai efesiensi yang bisa didapatkan pada motor listrik Rexton 2.2 kw

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi } (\eta) &= (P2 / P1) \times 100\% \\ &= (2.2 / 2,710) \times 100\% \\ &= 81 \% \end{aligned}$$

### 3. Screw Press 3

### • Motor Press Elektrik 45 KW

Rumus untuk menghitung daya input (P1) motor listrik induksi :

$$\begin{aligned} P_{in} &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi \\ &= 1.73 \times 380 \times 83.2 \times 0.86 \\ &= 47.038 \text{ kW} \end{aligned}$$

Jadi daya input (P1) sebesar : 47.038 kW

Sehingga rugi – rugi daya pada motor listrik adalah : P1 – P2

$$\begin{aligned} \text{Rugi – rugi daya} &= P1 - P2 \\ &= 47.038 \text{ kW} - 45 \text{ kW} \\ &= 2.038 \text{ kW} \end{aligned}$$

Setelah melakukan perhitungan P1 dan rugi-rugi daya, selanjutnya melakukan perhitungan efesiensi untuk mengetahui seberapa besar nilai efesiensi yang bisa didapatkan pada motor listrik Elektrim 45 kw

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi } (\eta) &= (P_2 / P_1) \times 100\% \\ &= (45 / 47.038) \times 100\% \\ &= 95 \%\end{aligned}$$

#### • Motor Press Taco 45 KW

Rumus untuk menghitung daya input (P1) motor listrik induksi :

$$\begin{aligned}P_{in} &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\varphi \\ &= 1.73 \times 380 \times 87.2 \times 0,86 \\ &= 49.299 \text{ kW}\end{aligned}$$

Jadi daya input (P1) sebesar : 49.299 kW

Sehingga rugi – rugi daya pada motor listrik adalah : P1 – P2

$$\begin{aligned}\text{Rugi – rugi daya} &= P_1 - P_2 \\ &= 49.299 \text{ kW} - 45 \text{ kW} \\ &= 4.299 \text{ kW}\end{aligned}$$

Setelah melakukan perhitungan P1 dan rugi-rugi daya, selanjutnya melakukan perhitungan efesiensi untuk mengetahui seberapa besar nilai efesiensi yang bisa didapatkan pada motor listrik Taco 45 kw

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi } (\eta) &= (P_2 / P_1) \times 100\% \\ &= (45 / 49.299) \times 100\% \\ &= 91 \%\end{aligned}$$

#### • Motor Hidrolik Elektrim 2,2 KW

Rumus untuk menghitung daya input (P1) motor listrik induksi :

$$\begin{aligned}P_{in} &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\varphi \\ &= 1.73 \times 380 \times 4.96 \times 0,80 \\ &= 2,608 \text{ kW}\end{aligned}$$

Jadi daya input (P1) sebesar : 2,608 kW

Sehingga rugi – rugi daya pada motor listrik adalah :  $P_1 - P_2$

$$\begin{aligned} \text{Rugi – rugi daya} &= P_1 - P_2 \\ &= 2,608 \text{ kW} - 2.2 \text{ kW} \\ &= 0.0408 \text{ kW} \end{aligned}$$

Setelah melakukan perhitungan  $P_1$  dan rugi-rugi daya, selanjutnya melakukan perhitungan efesiensi untuk mengetahui seberapa besar nilai efesiensi yang bisa didapatkan pada motor listrik Elektrim 2.2 kw

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi } (\eta) &= (P_2 / P_1) \times 100\% \\ &= (2.2 / 2,608) \times 100\% \\ &= 84 \% \end{aligned}$$

#### 4. *Screw Press 4*

- **Motor Press Elektrim 45 KW**

Rumus untuk menghitung daya input ( $P_1$ ) motor listrik induksi :

$$\begin{aligned} P_{in} &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\varphi \\ &= 1.73 \times 380 \times 83.2 \times 0,86 \\ &= 47.038 \text{ kW} \end{aligned}$$

Jadi daya input ( $P_1$ ) sebesar : 47.038 kW

Sehingga rugi – rugi daya pada motor listrik adalah :  $P_1 - P_2$

$$\begin{aligned} \text{Rugi – rugi daya} &= P_1 - P_2 \\ &= 47.038 \text{ kW} - 45 \text{ kW} \\ &= 2.038 \text{ kW} \end{aligned}$$

Setelah melakukan perhitungan  $P_1$  dan rugi-rugi daya, selanjutnya melakukan perhitungan efesiensi untuk mengetahui seberapa besar nilai efesiensi yang bisa didapatkan pada motor listrik Elektrim 45 kw

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi } (\eta) &= (P_2 / P_1) \times 100\% \\ &= (45 / 47.038) \times 100\% \\ &= 95 \% \end{aligned}$$

### • **Motor Press Taco 45 KW**

Rumus untuk menghitung daya input (P1) motor listrik induksi :

$$\begin{aligned} P_{in} &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi \\ &= 1.73 \times 380 \times 87.2 \times 0.86 \\ &= 49.299 \text{ kW} \end{aligned}$$

Jadi daya input (P1) sebesar : 49.299 kW

Sehingga rugi – rugi daya pada motor listrik adalah : P1 – P2

$$\begin{aligned} \text{Rugi} - \text{rugi daya} &= P1 - P2 \\ &= 49.299 \text{ kW} - 45 \text{ kW} \\ &= 4.299 \text{ kW} \end{aligned}$$

Setelah melakukan perhitungan P1 dan rugi-rugi daya, selanjutnya melakukan perhitungan efesiensi untuk mengetahui seberapa besar nilai efesiensi yang bisa didapatkan pada motor listrik Taco 45 kw

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi } (\eta) &= (P2 / P1) \times 100\% \\ &= (45 / 49.299) \times 100\% \\ &= 91 \% \end{aligned}$$

### • **Motor Hidrolik Elektrim 2,2 KW**

Rumus untuk menghitung daya input (P1) motor listrik induksi :

$$\begin{aligned} P_{in} &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi \\ &= 1.73 \times 380 \times 4.96 \times 0.80 \\ &= 2,608 \text{ kW} \end{aligned}$$

Jadi daya input (P1) sebesar : 2,608 kW

Sehingga rugi – rugi daya pada motor listrik adalah : P1 – P2

$$\begin{aligned} \text{Rugi} - \text{rugi daya} &= P1 - P2 \\ &= 2,608 \text{ kW} - 2.2 \text{ kW} \\ &= 0.0408 \text{ kW} \end{aligned}$$



Setelah melakukan perhitungan P1 dan rugi-rugi daya, selanjutnya melakukan perhitungan efesiensi untuk mengetahui seberapa besar nilai efesiensi yang bisa didapatkan pada motor listrik Elektrik 2.2 kw

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi } (\eta) &= (P_2 / P_1) \times 100\% \\ &= (2.2 / 2,608) \times 100\% \\ &= 84 \%\end{aligned}$$

## 5. Konveyor

### • Motor Konveyor Western 11 KW

Rumus untuk menghitung daya input (P1) motor listrik induksi :

$$\begin{aligned}P_{in} &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi \\ &= 1.73 \times 380 \times 21.3 \times 0,80 \\ &= 11.762 \text{ kW}\end{aligned}$$

Jadi daya input (P1) sebesar : 11.762 kW

Sehingga rugi – rugi daya pada motor listrik adalah : P1 – P2

$$\begin{aligned}\text{Rugi – rugi daya} &= P_1 - P_2 \\ &= 11.762 \text{ kW} - 2.2 \text{ kW} \\ &= 0.262 \text{ kW}\end{aligned}$$

Setelah melakukan perhitungan P1 dan rugi-rugi daya, selanjutnya melakukan perhitungan efesiensi untuk mengetahui seberapa besar nilai efesiensi yang bisa didapatkan pada motor listrik Western 11 kw

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi } (\eta) &= (P_2 / P_1) \times 100\% \\ &= (2.2 / 11.762) \times 100\% \\ &= 97 \%\end{aligned}$$

## Lampiran E

### Data Perhitungan P Out Put

#### 1. *Screw Press 1*

- **Motor Press Taco 45 KW**

Rumus untuk menghitung daya out put (P2) motor listrik induksi :

$$\begin{aligned} P \text{ output} &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{eff} \cdot \cos \phi \\ &= 1.73 \times 375 \times 66,9 \times 0.89 \times 0,86 \\ &= 33 \text{ kW} \end{aligned}$$

Jadi daya out put (P2) sebesar : 33 kW

- **Motor Digester Elektrim 45 KW**

Rumus untuk menghitung daya out put (P2) motor listrik induksi :

$$\begin{aligned} P \text{ output} &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{eff} \cdot \cos \phi \\ &= 1.73 \times 375 \times 77.9 \times 0.95 \times 0,86 \\ &= 41 \text{ kW} \end{aligned}$$

Jadi daya out put (P2) sebesar : 41 kW

- **Motor Hidrolik Rexton 2,2 KW**

Rumus untuk menghitung daya out put (P2) motor listrik induksi :

$$\begin{aligned} P \text{ output} &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{eff} \cdot \cos \phi \\ &= 1.73 \times 375 \times 5,05 \times 0.81 \times 0,81 \\ &= 2 \text{ kW} \end{aligned}$$

Jadi daya out put (P2) sebesar : 2 kW

## 2. *Screw Press 2*

### • **Motor Press Elektrik 45 KW**

Rumus untuk menghitung daya out put (P2) motor listrik induksi :

$$\begin{aligned} P_{\text{output}} &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{eff} \cdot \cos \phi \\ &= 1.73 \times 375 \times 67,3 \times 0.95 \times 0,86 \\ &= 35 \text{ kW} \end{aligned}$$

Jadi daya out put (P2) sebesar : 35 kW

### • **Motor Digester Elektrik 45 KW**

Rumus untuk menghitung daya out put (P2) motor listrik induksi :

$$\begin{aligned} P_{\text{output}} &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{eff} \cdot \cos \phi \\ &= 1.73 \times 375 \times 61,1 \times 0.95 \times 0,86 \\ &= 32 \text{ kW} \end{aligned}$$

Jadi daya out put (P2) sebesar : 32 kW

### • **Motor Hidrolik Rexton 2,2 KW**

Rumus untuk menghitung daya out put (P2) motor listrik induksi :

$$\begin{aligned} P_{\text{output}} &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{eff} \cdot \cos \phi \\ &= 1.73 \times 375 \times 5,02 \times 0.81 \times 0,81 \\ &= 2 \text{ kW} \end{aligned}$$

Jadi daya out put (P2) sebesar : 2 kW

## 3. *Screw Press 3*

### • **Motor Press Elektrik 45 KW**

Rumus untuk menghitung daya out put (P2) motor listrik induksi :

$$\begin{aligned} P_{\text{output}} &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{eff} \cdot \cos \phi \\ &= 1.73 \times 375 \times 58,5 \times 0.95 \times 0,86 \\ &= 31 \text{ kW} \end{aligned}$$

Jadi daya out put (P2) sebesar : 31 kW

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

• **Motor Digester Taco 45 KW**

Rumus untuk menghitung daya out put (P2) motor listrik induksi :

$$\begin{aligned} P \text{ output} &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{eff} \cdot \cos \phi \\ &= 1.73 \times 375 \times 66,7 \times 0.91 \times 0,86 \\ &= 34 \text{ kW} \end{aligned}$$

Jadi daya out put (P2) sebesar : 34 kW

• **Motor Hidrolik Elektrim 2,2 KW**

Rumus untuk menghitung daya out put (P2) motor listrik induksi :

$$\begin{aligned} P \text{ output} &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{eff} \cdot \cos \phi \\ &= 1.73 \times 375 \times 3.68 \times 0.84 \times 0,84 \\ &= 1.6 \text{ kW} \end{aligned}$$

Jadi daya out put (P2) sebesar : 1.6 kW

4. **Screw Press 4**

• **Motor Press Elektrim 45 KW**

Rumus untuk menghitung daya out put (P2) motor listrik induksi :

$$\begin{aligned} P \text{ output} &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{eff} \cdot \cos \phi \\ &= 1.73 \times 375 \times 52,7 \times 0.95 \times 0,86 \\ &= 27 \text{ kW} \end{aligned}$$

Jadi daya out put (P2) sebesar : 27 kW

• **Motor Digester Taco 45 KW**

Rumus untuk menghitung daya out put (P2) motor listrik induksi :

$$\begin{aligned} P \text{ output} &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{eff} \cdot \cos \phi \\ &= 1.73 \times 375 \times 41.3 \times 0.91 \times 0,86 \\ &= 20 \text{ kW} \end{aligned}$$

Jadi daya out put (P2) sebesar : 20 kW



- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

• **Motor Hidrolik Elektrim 2,2 KW**

Rumus untuk menghitung daya out put (P2) motor listrik induksi :

$$\begin{aligned}
 P_{\text{output}} &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{eff} \cdot \cos \phi \\
 &= 1.73 \times 375 \times 3,70 \times 0.4 \times 0,84 \\
 &= 1.6 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Jadi daya out put (P2) sebesar : 1.6 kW

**5. Konveyor**

• **Motor Konveyor Western 11 KW**

Rumus untuk menghitung daya out put (P2) motor listrik induksi :

$$\begin{aligned}
 P_{\text{output}} &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{eff} \cdot \cos \phi \\
 &= 1.73 \times 375 \times 20,5 \times 0,97 \times 0.84 \\
 &= 10 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Jadi daya input (P1) sebesar : 10 kW

## Lampiran F

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## Foto Dekumentasi Proses Perhitungan Daya



#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





## Proses Perbaikan

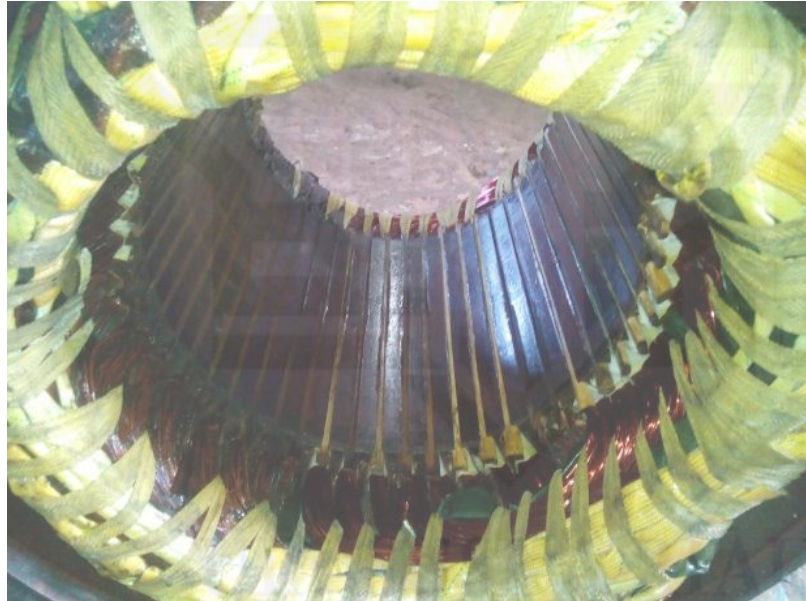


- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

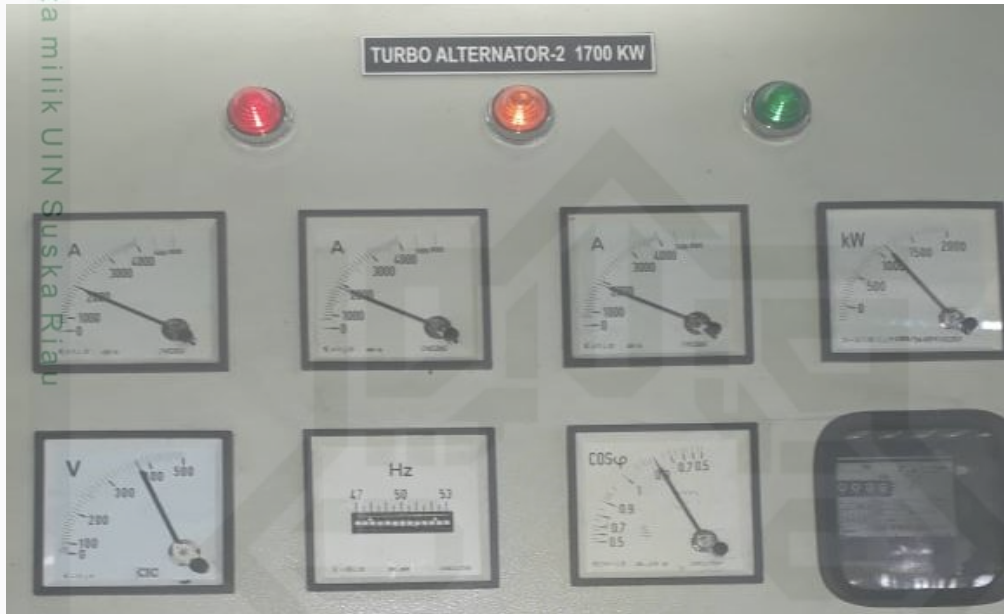


## Panel stasiun srew press

- © Hak cipta milik UIN Suska Riau
- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



## Panel Turbin



## Panel Semua Beban



- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Ari Suhada, Lahir di kampar pada 28 Oktober 1994 sebagai putra dari pasangan Bpk.Suyono dan Ibu.Ismiati yang beralamat di Desa Sp 2 Kijang Makmur, Kec. Tapung Hilir Kab. Kampar. Putra kedua ini memiliki satu orang Kakak Perempuan dengan nama Kikis Awaliyah dan satu orang Adik Perempuan bernama Auliya Auliani



Terlahir dari Keluarga yang sederhana yang memiliki riwayat pendidikan dari SDN 010 Kijang Makmur, Kec. Tapung Hilir Kab. Kampar, kemudian melanjutkan di SMPN 02 Kijang Jaya, Kec. Tapung Hilir Kab. Kampar, Selanjutnya melanjutkan ke jenjang SMA di SMK Muhammadiyah 02 Pekanbaru. Dikarenakan keinginan untuk bersekolah jauh dari orang tua agar belajar mandiri menjadikan penulis melanjutkan studi dengan kuliah di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan lulus tahun 2021.

Untuk memenuhi syarat menyelesaikan studi Teknik Elektro di bidang Energi Terbarukan, maka anak kedua dari 3 bersaudara ini mengambil penelitian tugas akhir yang berjudul “Analisis Peluang Penghematan Dan Konservasi Energi Pada Motor-Motor Ac Tiga Phasa Di Ptpn V Pks Ujung Batu Sei Rokan (Riau)”.

Untuk Menjalin Silaturahmi dengan penulis, dapat menghubungi melalui No.HP 085375658998 dan melalui email Arisuhada28@gmail.com. Fb. Ari suhada.